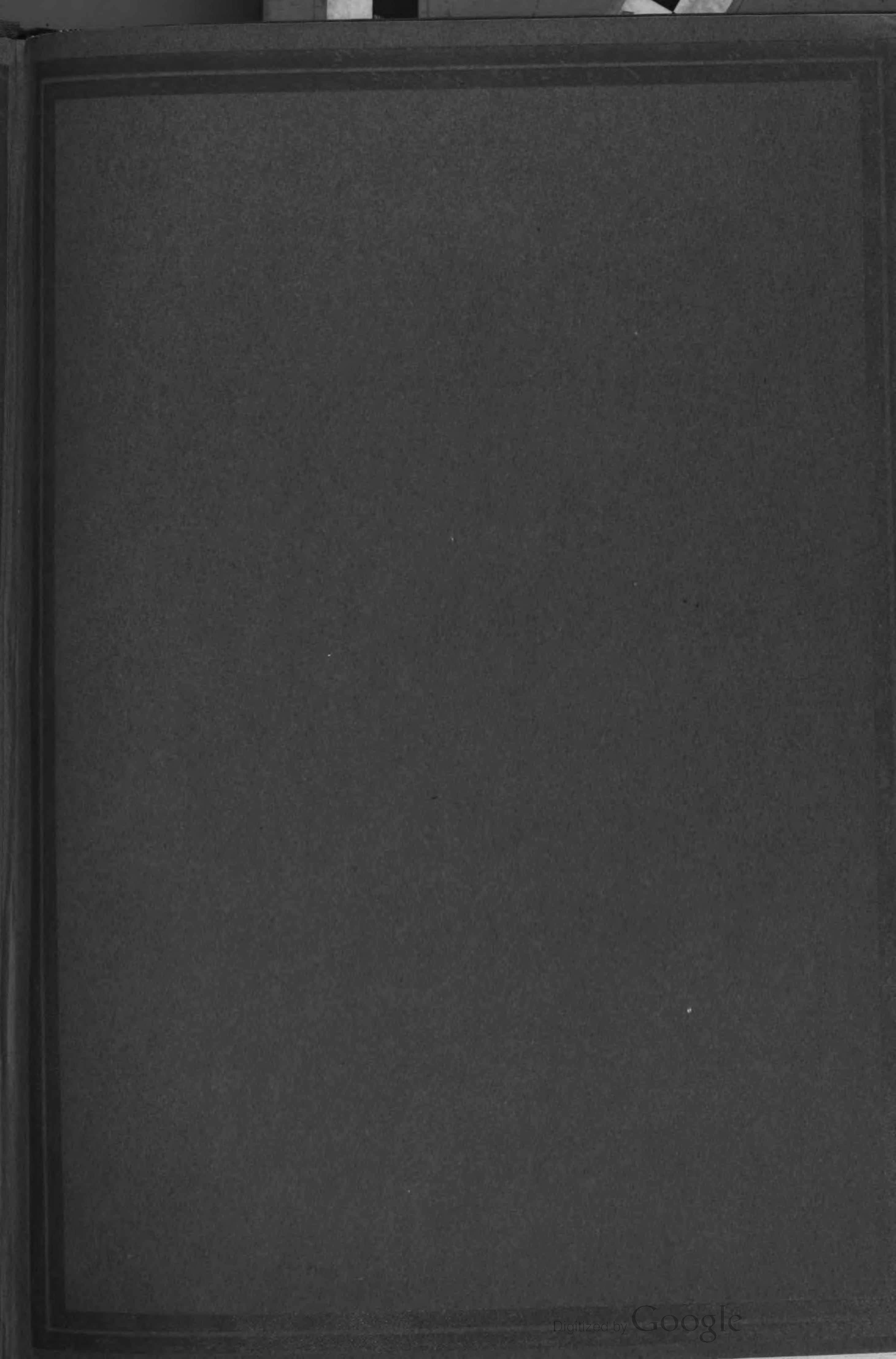
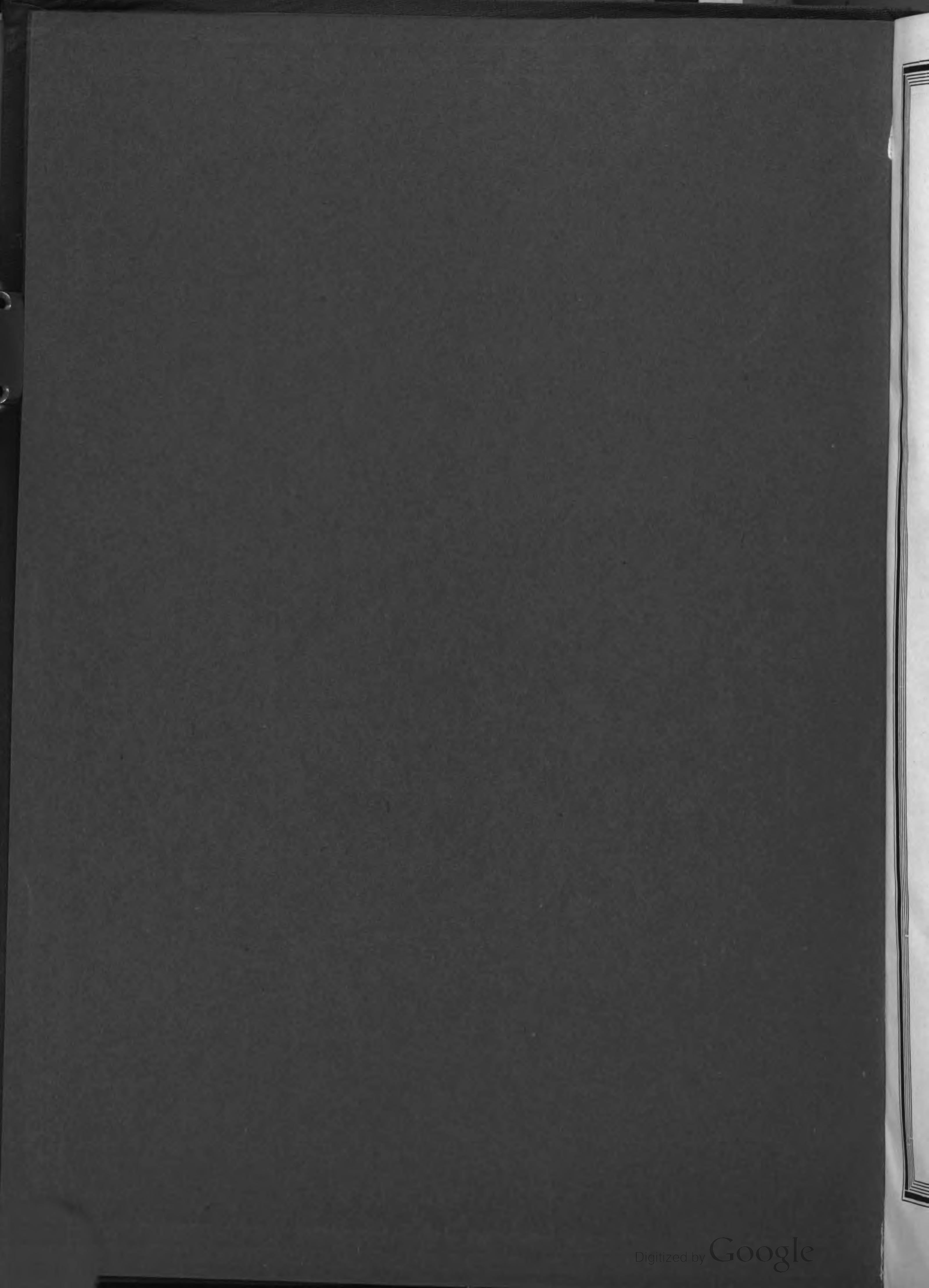



[redacted]
C 3 9015 00357 816 1
University of Michigan – BUHR







SIEMENS ZEITSCHRIFT



SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT



5. JAHRGANG
1925

INHALTS-ÜBERSICHT

SACHVERZEICHNIS

*) Kleine Mitteilungen.

*) Kleine Mitteilungen.

*) Kleine Mitteilungen.

*) Kleine Mitteilungen.

*) Kleine Mitteilungen.

VERFASSERVERZEICHNIS

*) Kleine Mitteilungen.

*) Kleine Mitteilungen.

SIEMENS-ZEITSCHRIFT

SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT

SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

1. HEFT * BERLIN / JANUAR 1925 * JAHRGANG 5

Einige Besonderheiten aus dem Betrieb von Transformatoren in Gleichrichteranlagen

Von Oberingenieur Dr.-Ing. e. h. M. Schenkel, Dynamowerk der SSW.

Im folgenden sollen einige bisher noch nicht oder wenig bekannte Eigentümlichkeiten der Transformatoren in Gleichrichteranlagen behandelt werden[1]). Es sind dies:

1. die Bemessung der Transformatoren bei Sparschaltung für Ein- und Dreiphasenstrom,
2. die Entstehung des normalen Spannungsabfalles beim Gleichrichterbetrieb und
3. die Entstehung zusätzlicher Spannungsabfälle bei besonderen Schaltungen.

1. Die Größenbemessung von Transformatoren bei Sparschaltungen im Gleichrichterbetrieb.

Auch bei Sparschaltungen treten in den Anodenzuleitungen zu den angeschlossenen Gleichrichtern dieselben Stromformen auf, die sich bekanntlich in dem Betrieb mit gewöhnlichen Transformatoren mit getrennten Wicklungen einstellen. Der Vollständigkeit halber sind diese Stromformen nebst den bekannten daraus sich ergebenden Rechnungsbeiwerten in Bild 1 nochmals wiedergegeben. Diese Stromformen bilden daher wie bei den Transformatoren mit getrennter Wicklung die Grundlage für die Stromformen in den einzelnen Wicklungen einer Sparschaltung. Innerhalb dieser Wicklungen aber werden die Stromformen und daher auch die Stromverteilungen wesentlich komplizierter dadurch, daß sich diese Ströme an den durch die Sparschaltung gegebenen Knotenpunkten in verschiedener Weise auf die einzelnen Wicklungen verteilen.

Eine allgemeine Formel, wie man in solchen Fällen bei irgendeiner Sparschaltung die Stromverteilung berechnen kann, läßt sich nicht angeben, sondern nur das Verfahren, nach dem man hierbei vorzugehen hat. Dieses Verfahren zur Berechnung der Stromverteilung beruht auf folgenden Grundlagen:

1. An dem für den Gleichrichterbetrieb bekanntlich stets erforderlichen Nullpunkt muß die Summe der Transformatorströme in jedem Augenblick gleich dem Gleichrichterstrom $\overline{\overline{J}}_g$ sein.
2. An den einzelnen Abzweigspunkten, die entweder nach dem Netz N oder nach den Anoden hinführen, muß die Summe aller Stromstärken in jedem Augenblick gleich Null sein.
3. Auf jedem Transformatorkern muß die Amperewindungszahl der **Arbeitsströme**, d. h. die Summe der momentanen kVA-Leistungen der einzelnen Spulen, so wie man sie aus deren Strom und Spannung

[1]) Diese Eigentümlichkeiten wurden in einem Vortrag am 3. Dezember 1923 über Gleichrichter-Transformatoren mitgeteilt, den der Verfasser im Rahmen einer vom Elektrotechnischen Verein in Berlin veranstalteten größeren Vortragsreihe über Gleichrichter hielt. Im Eingang dieses Vortrages wurden die hauptsächlichsten Schaltungen und Regelverfahren bei Gleichrichter-Transformatoren besprochen sowie die Bemessung ihrer Typengröße bei primär und sekundär getrennten Wicklungen. Im Zusammenhang damit wurden die bekannten Stromformen und die zur Berechnung von Gleichrichtertransformatoren aus diesen abzuleitenden Beiwerte sowie die sich hierdurch ergebenden, dem Gleichrichterbetrieb eigentümlichen, jedoch keine Phasenverschiebung repräsentierenden Leistungsfaktoren beschrieben. Dieser Teil des Vortrages ist hier weggelassen, weil diese Dinge in unseren Druckschriften für Glas- und Großgleichrichter Nr. 1530 und 1949 sowie in den verschiedenen Veröffentlichungen behandelt sind, die wir über Gleichrichter in der Siemens-Zeitschrift und, soweit sie theoretischer Natur waren, in den „Wissenschaftlichen Veröffentlichungen aus dem Siemenskonzern" gemacht haben.

Die Formelzeichen sind auf den verschiedenen in dieser Arbeit enthaltenen Lichtbildern infolge ihres Entstehens zu verschiedenen Zeiten nicht einheitlich, was wir zu beachten bitten.



Phasenzahl	Gleichstrom Form	Gleichstrom Höchst-Wert	Gleichstrom Effektiv-Wert	Gleichstrom Mittel-Wert	Anodenstrom Form	Anodenstrom Höchst-Wert	Anodenstrom Effektiv-Wert	Anodenstrom Mittel-Wert	Verhältniswerte: Ci = Anodenstrom eff / Gleichstrom mittel	Verhältniswerte: Ce = Phasenspannung eff / Gleichspannung mittel
1(2)		1,00	0,71	0,64		1,00	0,50	0,32	0,785	1,110
3		1,00	0,84	0,83		1,00	0,49	0,28	0,587	0,855
6		1,00	0,95	0,95		1,00	0,39	0,16	0,409	0,740

Bild 1. Stromformen und Berechnungsbeiwerte aus dem Gleichrichterbetrieb.

berechnen kann, unter Beachtung der Stromrichtungen in jedem Augenblick gleich Null sein.

Diese Bedingungen liefern stets die zur Lösung der Aufgabe nötigen und hinreichenden Grundgleichungen. Nachdem man sie aufgestellt und mit ihrer Hilfe die augenblickliche Verteilung der Ströme festgestellt hat, muß man unter der Annahme, daß die Ströme Ausschnitte aus Sinusformen seien, wie in Bild 1, die effektiven Werte der einzelnen in den Spulen vorkommenden Ströme bilden, mit deren Hilfe dann die Gesamtleistungen, für die die Spulen zu bemessen sind, mit der von der Gleichrichteranlage gelieferten gesamten Gleichstromleistung zu vergleichen sind.

Ein Beispiel, zu welchen Ergebnissen dies führt, ist in Bild 2 für den Fall eines dreiphasigen Spartransformators ziffernmäßig wiedergegeben, und zwar gibt die linke Seite die Augenblickswerte der Ströme bei Stromlieferung über die mittlere Anode an, wie man sie nach den obigen Regeln 1—3 zu berechnen hat, während die rechte Seite die mit Meßinstrumenten meßbaren Effektivwerte der Ströme, die sich aus diesen Augenblickswerten ergeben, zeigt. Dabei ist zu beachten, daß die Spannung an den einzelnen Spulen, da sie durch die sinusförmig angenommene Klemmenspannung des Netzes N gegeben ist, sich durch den Gleichrichterbetrieb nicht bzw. nur im Maßstabe des Spannungsabfalles ändert, der für diese Betrachtungen ebenso ausscheiden soll wie der Einfluß von Verlusten oder Verzerrungen der Stromkurven. Es ist angenommen, daß eine Gleichspannung $\overline{\overline{P}}_g = 125$ V und ein Gleichstrom $\overline{\overline{J}}_g = 170$ A aus der Gleichrichteranlage verlangt wird, und daß das verwendete Gleichrichter-Glasgefäß einen Spannungsabfall von $\varepsilon = 15$ V habe. Aus diesen Forderungen ergibt sich nach den als bekannt vorauszusetzenden Berechnungsformeln eine effektive Spannung $\tilde{P}_g = 120$ V, die zwischen dem Nullpunkt und jedem Anodenanschluß an den Gleichrichter zu liefern ist. Mit Rücksicht auf die Forderung unter 3., daß sich auf jedem Transformatorkern die Augenblickswerte der Amperewindungen der Arbeitsströme stets aufheben sollen, ist in Bild 2 zwischen dem Nullpunkt 0 und den Anodenanschlußpunkten B eine Zick-Zack-Schaltung angenommen worden, aus Gründen, die bei der Besprechung der weiter hinten unter 3. erwähnten Eigentümlichkeiten erörtert werden sollen. Dadurch kommt es, daß nicht jede der beiden Wicklungen, die eine Anode speisen, eine Spannung von 60 V aufweist, wie es der Halbierung des Wertes 120 entspräche, sondern eine effektive Spannung von $\frac{120 \cdot \sqrt{3}}{2 \cdot 2} = 60 : 0{,}865 =$ rund 70 V. Es ist ferner angenommen, daß das Netz N eine effektive Spannung von 380 V besitzt, so daß schließlich die noch übrigbleibende Spule, die an das Netz anzuschließen ist, eine effektive Spannung von 106 V erhalten muß. Die hier angegebenen Spannungswerte sind nämlich bereits Effektiv-

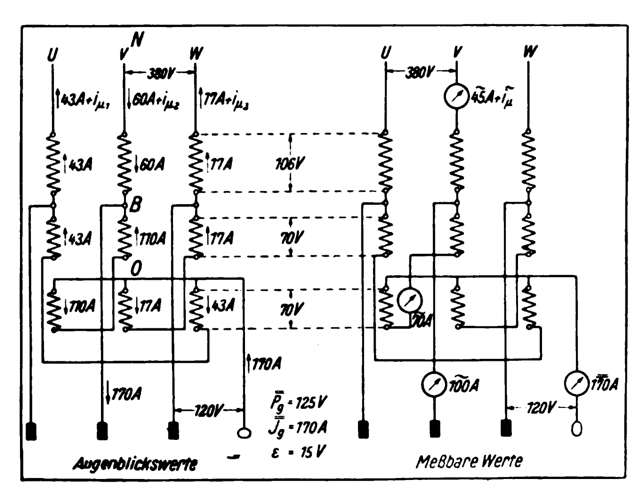


Bild 2. Stromverteilung in einem dreiphasigen Spartransformator bei Gleichrichterbetrieb.

werte aus dem Grunde, weil sich eben in den Spannungen durch den Gleichrichterbetrieb an und für sich nichts ändert, denn die Spannungen

werden vom Netze N aus vorgeschrieben und durch den magnetischen Fluß den einzelnen Spulen zwangsweise übermittelt. Nur bei den Stromstärken braucht man daher den Unterschied zwischen Augenblicks- oder Effektiv- (= meßbaren) Werten zu machen. Werden 170 A Gleichstrom verlangt, so fließt der Reihe nach in jede Anode 170 A Strom, jedoch nur für $^1/_3$ einer Periode, so daß jede Anodenzuleitung während eines Drittels einen Strom von 170 A, während der übrigen beiden Drittel den Strom Null führt. Der Effektivwert $\tilde{J}_2$ dieses unterbrochenen Stromes beträgt in jeder Zuleitung 100 A, er kann, wie rechts durch ein eingeschaltetes Meßinstrument angedeutet, gemessen werden. Der Augenblicksstrom von $\overline{\overline{J}}_g = 170$ A wird nun dem Gleichrichter aus dem Punkte B des Spartransformators geliefert und muß sich in jedem Augenblick hier in die beiden Werte 60 und 110 A aufteilen, deren Größe sich aus den oben aufgestellten Gesetzen ergibt. Diese ergeben gleichzeitig, daß die einzelnen Spulen der Zick-Zack-Schaltung die Augenblickswerte 110, 43 und 17 A führen, während die an das Netz N direkt angeschlossenen Spulen im Augenblick 60, 43 und 17 A führen. Dabei sind die beiden zuletztgenannten Stromstärken jeweils gleich, weil ja in den dort angeschlossenen Anoden die Ströme augenblicklich Null sind. Bildet man aus diesen nun zwischen den einzelnen Spulen hin und her wechselnden Stromwerten die Effektivwerte, so erhält man in den Spulen der Zick-Zack-Schaltung einen Effektivstrom von $\tilde{J}_{2+N} = 70$ A und in den ans Netz N angeschlossenen Spulen, also aus dem Netz selbst, einen Effektivstrom von $\tilde{J}_N = 45$ A. Zu diesen letzten 45 A tritt noch der Magnetisierungsstrom $\tilde{i}_\mu$ hinzu. Auf die Aufstellung der den Grundsätzen 1—3 entsprechenden Gleichungen sowie auf die Auswertung der entsprechenden Effektivströme unter Zuhilfenahme der Rechnungsbeiwerte nach Bild 1 soll hier nicht weiter eingegangen werden, da derartige rechnerische Operationen nichts besonderes Neues bieten und höchstens etwas rechnerische Gewandtheit und Aufmerksamkeit erfordern.

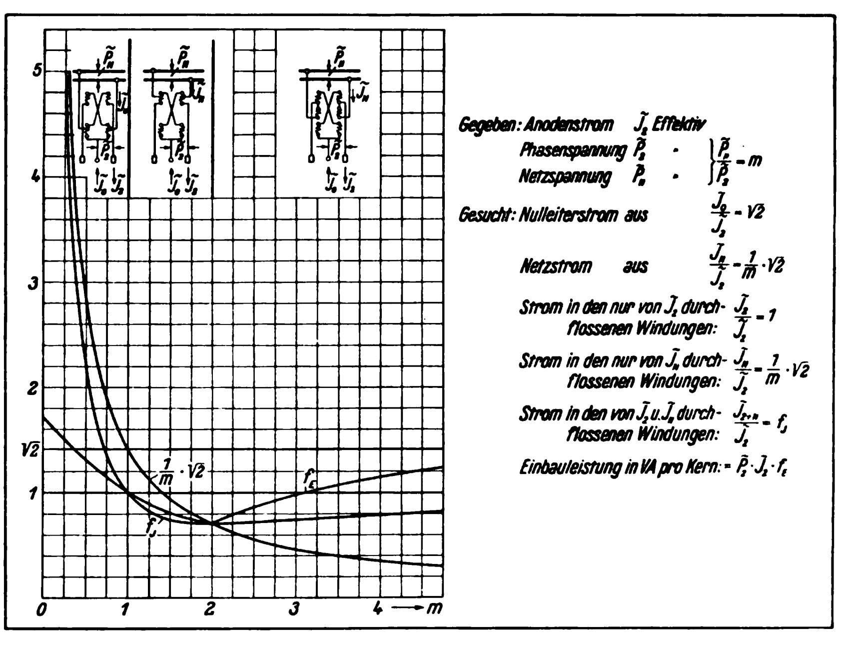


Bild 3. Sparschaltungen für Gleichrichterbetrieb mit Einphasenstrom.

Man kann nun diese Rechnungen für Ein- und Drei-Phasenstrom für die verschiedenen vorkommenden Sparschaltungen durchführen, und es ist das Ergebnis dieser Rechnungen für Einphasenstrom in Bild 3 und für Dreiphasenstrom in Bild 4 dargestellt.

Zu diesen Bildern ist folgendes zu bemerken: Bei einer Sparschaltung ist in erster Linie das Übersetzungsverhältnis des Transformators wichtig, nämlich dasjenige Verhältnis, das angibt, welche Gleichspannung man aus der vorhandenen Netzspannung erhält. Mit Rücksicht darauf, daß die Spannungsabfälle ε in den Gleichrichtergefäßen verschieden groß ($\varepsilon = 15$ bis 25 V) sind, und daß auch die Rechnungsfaktoren zur Gewinnung der Gleichspannung $\overline{\overline{P}}_g$ aus der an das Gleichrichtergefäß abgesetzten Wechselspannung $\overset{\infty}{P}_2$ bei Einphasen- und Dreiphasenstrom verschieden sind, soll jedoch dieses eigentlich interessierende Spannungsverhältnis nicht zugrunde gelegt werden. Wir wollen uns vielmehr vorstellen, daß man je nach den Spannungsabfällen ε des Gefäßes und der sonstigen Anlage sowie je nach dem Vorliegen eines ein- oder mehrphasigen Netzes bereits die an das Gleichrichtergefäß abzusetzende sekundäre Phasenspannung $\overset{\infty}{P}_2$ ausgerechnet habe. Diese Spannung soll die effektive Sekundär-

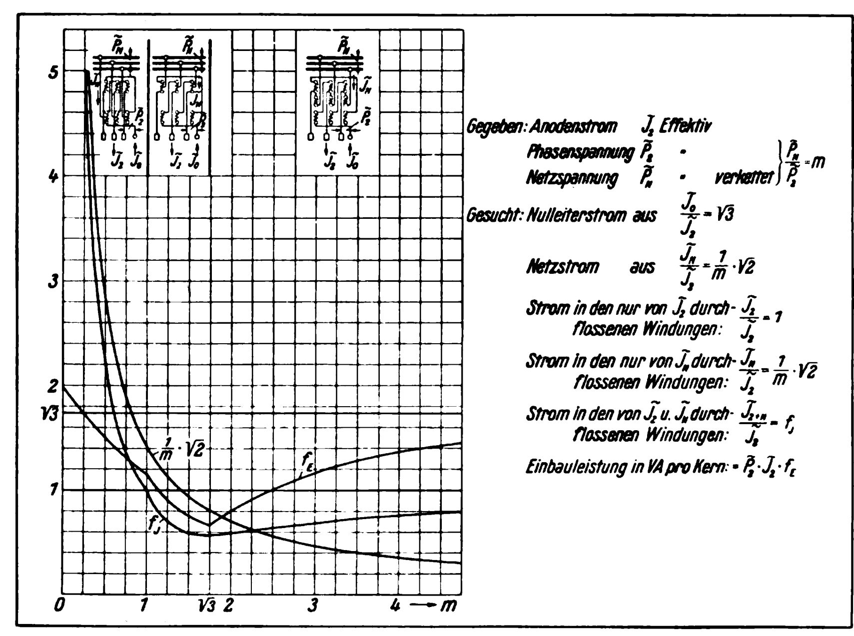


Bild 4. Sparschaltungen für Gleichrichterbetrieb mit Dreiphasenstrom.

spannung zwischen je einer Sekundärklemme und dem Nullpunkt des Spartransformators sein. Der Spartransformator hat die Aufgabe, diese Spannung aus dem Effektivwert $\overset{\infty}{P}_N$ der Netzspannung hervorzubringen. Es soll nun als Übersetzungsverhältnis m der Wert $\overset{\infty}{P}_N : \overset{\infty}{P}_2$ gewählt werden. Dabei soll unter $\overset{\infty}{P}_N$ immer die zwischen zwei Netzleitungen meßbare Spannung verstanden werden. Wendet man ganz allgemein zur Erfüllung der Grundsatzforderung 3. sekundäre Zick-Zack-Schaltung an, dann kann man die Abzweige, die nach dem Netz N führen, der Reihe nach an folgenden Stellen unterbringen:

Ist die Spannung, die man für den Gleichrichterbetrieb braucht, sehr groß (m also klein), dann wird die zu dem Netz führende Anzapfung zwischen dem Nullpunkt und dem Ende der ersten Spule der Zick-Zack-Schaltung liegen, um bei größeren Spannungen auf die zweite Spule der Zick-Zack-Schaltung überzugehen. Ist umgekehrt die verlangte Gleichrichterspannung klein (m also groß), so kann der Fall vorkommen, daß die Netzspannung größer wird als die Spannung, die die für den Gleichrichter nötigen Sekundärwicklungen zusammen hergeben können, und dann müssen zwischen die Netzanschlüsse und die Zick-Zack-Schaltung weitere Wicklungen gelegt werden. In diesem Sinne muß zwischen folgenden Übersetzungsverhältnissen m unterschieden werden:

Bei Einphasenstrom m von 0 bis 1, von 1 bis 2 und von 2 bis unendlich, bei Dreiphasenstrom m von 0 bis 1, von 1 bis $\sqrt{3}$ und von $\sqrt{3}$ bis unendlich. Für diese verschiedenen Übersetzungsverhältnisse sind in den Bildern 3 und 4 verschiedene Werte ausgerechnet und in Kurven dargestellt. Diese Kurven haben bei den Punkten m = 1 und m = 2 bei Einphasenstrom bzw. m = 1 und m = $\sqrt{3}$ bei Dreiphasenstrom je einen Knick.

Bezeichnet man mit $\tilde{J}_2$ den geforderten effektiven Anodenstrom und mit n die Anzahl der Phasen (für „Ein"phasenstrom ist hier n = 2!), so findet man gemeinsam für alle Schaltungen: den effektiven Strom im Nulleiter: $\tilde{J}_0 = \tilde{J}_2 \cdot \sqrt{n}$ und den effektiven Netzstrom:

$$\tilde{J}_N = \frac{1}{m} \cdot \sqrt{2}.$$

Je größer n ist, um so näher ist $\tilde{J}_0$ an $\bar{\bar{J}}_g$.

Für die Ströme der vom Netz und Anodenstrom durchflossenen Wicklungen und für die Typengrößen der Spartransformatoren lassen sich solche einfachen Formeln nicht angeben. Sie sind in den Kurven f_J und f_E im einzelnen dargestellt. Die Typengröße ist dabei durch eine sogenannte „Einbauleistung" je Kern angegeben. Unter Einbauleistung soll verstanden sein die kVA-Leistung sämtlicher Spulen, die auf einem Kern sitzen, aus den Effektivwerten zusammengerechnet, ohne weitere Rücksicht auf die Stromrichtung. Diese Einbauleistung ist bezogen auf die Effektivwerte des Sekundärstromes $\tilde{J}_2$ und der Sekundärspannung $\tilde{P}_2$, die man bei dem Gleichrichtertransformator braucht, und wird aus dieser durch Multiplikation mit einem Faktor f_E gefunden, der in den Bildern 3 und 4 dargestellt ist. Zur Erläuterung des Begriffes der Einbauleistungen möge gesagt werden, daß bei einem gewöhnlichen Transformator mit getrennten Wicklungen die Einbauleistung doppelt so groß ist wie die Leistung, die er gemäß seinem Firmenschild auf seiner Sekundärseite herausgibt, einfach aus dem Grunde, weil die primäre und die se-

kundäre Wicklung natürlich beide für dieselben Leistungen bemessen sein müssen. Aus den Kurven kann man erkennen, daß sich für die Einbauleistung, d. h. also auch für die Typengröße des Spartransformators Minimalwerte ergeben, die für Einphasenstrom bei $m = 2$ und für Drehstrom bei $m = \sqrt{3}$ liegen. Die den Kurven in diesem Falle zu entnehmenden Werte, und zwar $f_E = 0{,}707$ für Einphasenstrom und 0,670 für Dreiphasenstrom, hat man noch mit der Phasenzahl, d. h. der vorhandenen Kernzahl, bei Einphasenstrom $n = 2$, bei Dreiphasenstrom $n = 3$ zu multiplizieren und die so erhaltene Gesamt-Einbauleistung mit der Gleichstromleistung $\overline{\overline{P}}_g \cdot \overline{\overline{J}}_g$ zu vergleichen, woraus sich schließlich die Typengröße des Spartransformators für diesen Fall zu 0,615 bzw. 0,5 der ganzen geforderten Gleichstromleistung $\overline{\overline{P}}_g \cdot \overline{\overline{J}}_g$ ergibt. Man erkennt hieraus, daß es sehr zweckmäßig ist, bei den genannten kleinen Übersetzungsverhältnissen, die öfters bei kleineren Gleichrichtern vorkommen, die Sparschaltungen wirklich anzuwenden, sofern nicht die Sicherheitsvorschriften des VDE (Errichtungsvorschriften § 4 und Erläuterungen dazu) mit Rücksicht auf die Höhe der Spannung die Anwendungen von Sparschaltungen verbieten; denn man erhält dadurch ganz bedeutend kleinere Transformatorentypen. Man sieht aus den Bildern 3 und 4 auch, daß für Übersetzungsverhätnisse oberhalb von $m = 4$ die Anwendung von Sparschaltungen keinen besonderen Zweck mehr hat.

2. Der normale Spannungsabfall in Gleichrichteranlagen und seine Entstehung.

Werden Gleichrichteranlagen an normal ausgeführte Transformatoren nach den bekannten grundsätzlichen Schaltarten angeschlossen und auf ihren Spannungsabfall zwischen Leerlauf und Vollast untersucht, so beobachtet man folgende auffällige Tatsachen:

Der Spannungsabfall der Spannung $\overline{\overline{E}}_{gl}$ hinter dem Gleichrichter verläuft im allgemeinen nach einer geraden Linie (Bild 5 und 6 oben) und ist vielfach ziemlich groß, beispielsweise 8,5 v. H. zwischen Leerlauf und Vollast. Beobachtet man gleichzeitig die effektive Spannung $\widetilde{E}_2$ an einer Transformatorphase auf der Sekundärseite, so zeigt sich auffälligerweise, daß diese effektive Spannung $\widetilde{E}_2$ bei weitem nicht denjenigen kräftigen Spannungsabfall aufweist, der sich auf

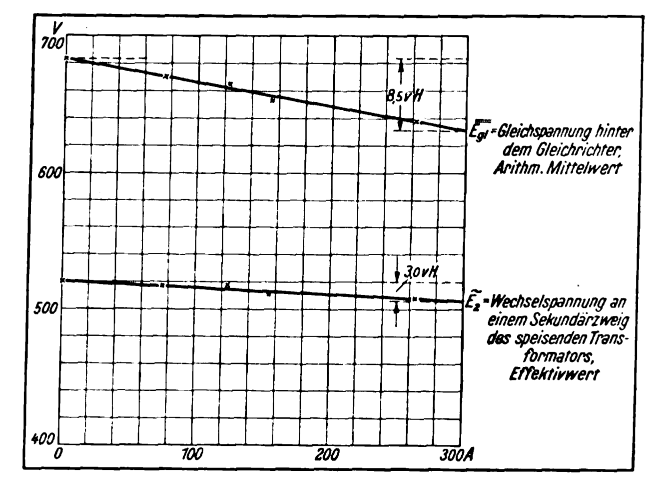


Bild 5. Spannungsabfall im Gleichrichterbetrieb vor (untere Kurve) und hinter (obere Kurve) dem Gleichrichtergefäß.

der Gleichstromseite der Anlage vorfindet, z. B. nur 3 v. H. (Bild 5 unten). Dies ist um so auffälliger, als bekanntlich der Spannungsabfall ε eines Gleichrichtergefäßes selbst von der Belastung nur ganz wenig abhängt, beispielsweise entsprechend Bild 6 unten verläuft. Es tritt also eine auffällige Vergrößerung des Spannungsabfalls durch den besonderen Betrieb des Gleichrichters auf, der verschiedene Werte ergibt, je nachdem, ob man die Spannung direkt sekundär am Transformator oder erst hinter dem Gleichrichter mißt.

Der geradlinige Verlauf des Spannungsabfalls ist an sich leicht verständlich. Es muß sich nämlich der Spannungsabfall der Anlage im wesentlichen aus den Widerständen und Selbstinduktionen des Transformators zusammensetzen, da ja der Gleichrichter selbst durch seinen Spannungsverlust ε gemäß Bild 6 unten wenig zum Abfall beiträgt. Die in den Widerständen und Selbstinduktionen verursachten Spannungsabfälle sind aber der Stromstärke proportional, somit ist der geradlinige Verlauf der Kurve des Spannungsabfalls leicht verständlich.

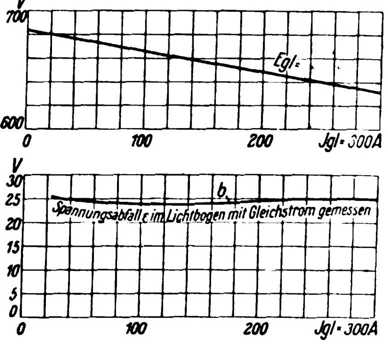


Bild 6. Kennlinie des Großgleichrichters bei 600 V Gleichstrom.

Anders liegt es mit der Höhe des Spannungsabfalls selbst. Hier ist man genötigt, auf die

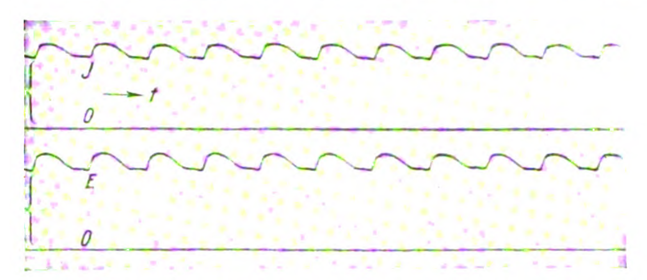


Bild 7. Gleichspannung und Gleichstrom eines induktionsfrei belasteten Gleichrichters ($E = 560$ V, $J = 295$ A).

Besonderheiten des Gleichrichterbetriebes zurückzugreifen. In Bild 7 ist die oszillographische Aufnahme desjenigen Stromes J und derjenigen Spannung E wiedergegeben, die der Gleichrichter auf der Gleichstromseite abgibt, und in Bild 8 sind Strom und Spannung oszillographisch wiedergegeben, die der Gleichrichter vom Transformator auf seiner Anodenseite empfängt. Die Aufnahmen beziehen sich auf einen sechsphasigen Großgleichrichter. Während der oszillographischen Messungen arbeitete die Gleichrichteranlage auf einen Ohmschen Widerstand. Die effektiv zu den oszillographisch wiedergegebenen Kurven gehörigen Messungswerte sind folgende:

Sekundärstrom $\widetilde{J}_2 = 135$ A,
Sekundärspannung $\widetilde{E}_2 = 454$ V je Phase,
Gleichstrom $\overline{\overline{J}}_{gl} = 295$ A,
Gleichspannung $E_{gl} = 560$ V.

Wie die Betrachtung des Stromoszillogrammes (Bild 8) lehrt, bezieht der Gleichrichter jeweils den vollen Strom meist nur aus einer einzigen Phase des Transformators. Nur wenn der Strom von der vorher benutzten Phase zur betrachteten Lage herübergeht (Zeitabschnitt $t_ü$) oder wenn

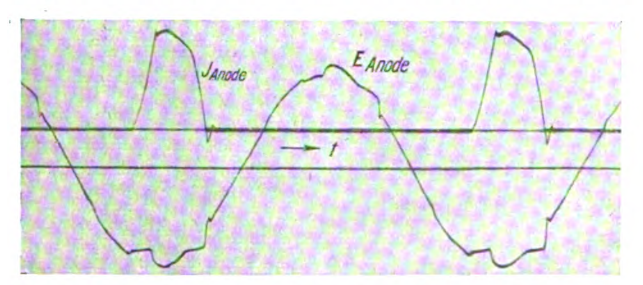


Bild 8. Anodenspannung (454 V effektiv) und Anodenstrom (135 A effektiv) des induktionsfrei belasteten Gleichrichters.

er die betrachtete Lage wieder verläßt (Zeitabschnitt $t_ü$), findet eine gemeinsame Benutzung zweier Phasen statt. Wie sich aus späteren Überlegungen zeigen wird, ist es für den Spannungsabfall erwünscht, diese beiden Zeitabschnitte möglichst klein zu machen, und es sei zunächst angenommen, daß sie gleich Null wären. Dann bezieht, wie gesagt, der Gleichrichter immer nur Strom aus einer einzigen Phase. Dieser Strom steht nun bekanntlich nach Bild 1 zu dem effektiven Strom $\widetilde{J}_2$ in einer festen Beziehung, die durch die Ziffer C_i ausgedrückt sein möge (vgl. Bild 1), derart, daß $\widetilde{J}_2 = C_i \cdot \overline{\overline{J}}_{gl}$ ist. $\widetilde{J}_2$ ist immer wesentlich kleiner als $\overline{\overline{J}}_{gl}$, und zwar beträgt im vorliegenden Falle der Wert $C_i = 0{,}457$. Rechnerisch beträgt im Idealfalle (reine Sinusform) der Wert $C_i = 0{,}409$ (Bild 1).

In der Zeit, in der der Gleichrichter Strom aus einer Phase entnimmt, entspricht der Ohmsche Spannungsabfall im Transformator selbstverständlich dem Höchstwert während dieser Zeit. Da dies für den Gleichrichter andauernd so bleibt, auch wenn er der Reihe nach Strom aus den verschiedenen Phasen entnimmt, so muß man also auf der Gleichstromseite zunächst einen erhöhten Ohmschen Spannungsabfall $\overline{\overline{J}}_{gl} \cdot w = \widetilde{J}_2 \cdot w \cdot 1/C_i$ beobachten.

Es ist nun üblich, den Ohmschen und den induktiven Spannungsabfall eines Transformators, die durch die Buchstaben $\widetilde{e}_w$ und $\widetilde{e}_s$ bezeichnet sein mögen, in der sogenannten Kurzschlußspannung $\widetilde{e}_k$ zusammenzufassen nach der Beziehung

$$\widetilde{e}_k^{\,2} = \widetilde{e}_w^{\,2} + \widetilde{e}_s^{\,2}$$

und diese Kurzschlußspannung in v. H. von der Leerlaufspannung $\widetilde{E}_2$ anzugeben. Demnach liefert der Ohmsche Spannungsabfall $\widetilde{e}_w$ auf der Gleichstromseite des Gleichrichters im Verhältnis zur Gleichspannung $\overline{\overline{P}}_{gl}$ den Betrag

$$\frac{\overline{\overline{J}}_{gl} \cdot w}{\overline{\overline{E}}_{gl}} \cdot 100 = \frac{\widetilde{e}_w}{\widetilde{E}_2} \cdot \frac{C_e}{C_i} \cdot 100 = (\widetilde{e}_w)_{v.\,H.} \cdot \frac{C_e}{C_i} \text{ in v.H.}$$

Über den Beiwert C_e siehe Bild 1.

Der induktive Spannungsabfall ist unter der gemachten Voraussetzung, der entnommene Strom sei während der Entnahmezeit konstant, nicht wirksam, eine Annahme, die nur annäherungsweise in der Wirklichkeit zutrifft, weil gemäß dem Oszillogramm (Bild 7) der Strom während der Entnahmezeit auch eine gewisse, wenn auch kleine, Veränderung durchmacht.

Dagegen wirkt der induktive Spannungsabfall $\widetilde{e}_s$ während der Zeit, innerhalb deren der Strom von einer Phase zur anderen übergeht. Bei diesem

Übergang muß der Strom an der einen Anode verlöschen und an der beobachteten neu entstehen. Dieser Vorgang wird durch die Streuung der an die Anode angeschlossenen Wicklungsteile des Transformators verzögert, und zwar derart, daß die Streuung den aus der beobachteten Anode neu austretenden Strom unterdrücken will. Die Streuspannung e_s setzt sich also mit der elektromotorischen Kraft e, die der Transformator infolge seines magnetischen Flusses erzeugt, derartig zusammen, daß sie sich zu der sinkenden Spannung der vorher tätigen Anode hinzusetzt, dagegen von der steigenden Spannung der betrachteten Anode abzieht. Infolge dieser Wirkung bleibt für eine kurze Zeit $t_ü$ die Spannung der beiden, an den betrachteten Wicklungszweigen angeschlossenen Anoden nahezu gleich. Dies ist in Bild 9 dargestellt und auch an den wagerechten Stücken in der Strom- und Spannungskurve in Bild 7 zu erkennen, die also durch ihre Länge die Zeit $t_ü$ (Übergangszeit) andeutet, die der Strom braucht, um von einer Anode auf die nächste überzugehen. Man bemerkt aus dem gleichen Grunde an der Spannung, die zwischen der Anode und dem Nullpunkt des Transformators aufgenommen ist (Bild 8 und 9, Mitte) und die eine, in ihrem Grundzug sinusförmige Gestalt hat (Bild 9 links), an den beiden Stellen, wo der Strom in der Anode ansteigt und wo er wieder abfällt, beim Abfallen eine Ausbauchung und beim Ansteigen eine Einstülpung dieser Sinuskurve. Während sich nun die Ausstülpung zur Spannung der in ihrer Wirksamkeit nachlassenden Phase hinzufügt, zieht sie sich bei der neu in Wirksamkeit tretenden Phase von deren Spannung ab und kommt somit auf der Gleichstromseite des Gleichrichters als Spannungsabfall zur Wirkung. Dies ist bei jedem derartigen Wechsel der Fall (Bild 9 rechts). Da sich die Aus- und Einbuchtungen der einzelnen Spannungskurve im arithmetischen Mittelwert vollkommen und im effektiven Mittelwert von $\tilde{E}_2$ nahezu aufheben (Bild 9, Mitte), bleibt der effektive Mittelwert $\tilde{E}_2$, zwischen Nullpunkt und Anode gemessen, wesentlich mehr konstant als die Spannung $\overline{\overline{E}}_{gl}$ der Gleichrichteranlage auf der Gleichstromseite (Bild 9 rechts), bei der sich der genannte Betrag bei jedem Wechsel in voller Höhe abzieht, wie es in Bild 9 durch die schraffierten Fehlflächen F dargestellt ist und

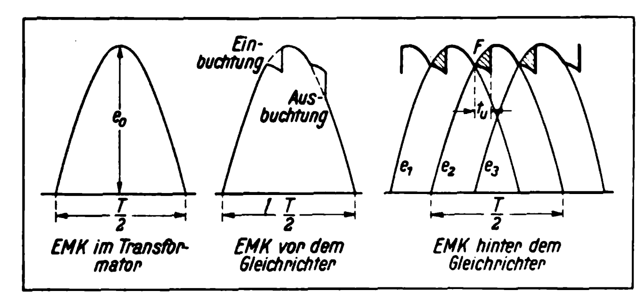


Bild 9. Entstehung des induktiven Spannungsabfalles in Gleichrichteranlagen.

wie auch das Oszillogramm Bild 7 der aufgenommenen Spannungskurve deutlich zeigt. Die Gleichspannungskurve sieht daher „sägezahnartig" aus. Die nähere Nachrechnung, die in der Fußnote zusammengestellt ist, ergibt, daß man diesen, durch den induktiven Spannungsabfall $\tilde{e}_s$ verursachten Anteil des gleichstromseitigen Abfalls in v. H. finden kann, wenn man $\tilde{e}_s$, wie folgt, multipliziert:

$$(\tilde{e}_s)_{v.H.} \cdot \frac{C_e}{C_i} \cdot \frac{n}{2\pi} \text{ in v. H.,}$$

worin n die sekundäre Phasenzahl, C_i den oben erwähnten Stromumrechnungsfaktor und C_e den Spannungsumrechnungsfaktor nach Bild 1 bedeuten. Die Phasenzahl n tritt in diese Formel ein, da nach der soeben gemessenen Erläuterung der Spannungsabfall bei **jedem** Wechsel seine Wirkung äußert und die Anzahl n der Wechsel gleich der Phasenzahl n ist. Der Stromumrechnungsfaktor C_i tritt aus den gleichen Gründen wie vorher beim Ohmschen Spannungsabfall ein. Der Spannungsumrechnungsfaktor C_e tritt ein, weil die Komponente e_s zumeist nach dem effektiven Mittelwert $\tilde{E}_2$ berechnet wird, während der Spannungsabfall auf der Gleichstromseite als arithmetischer Mittelwert berechnet werden muß. Fügt man zu den beiden nunmehr errechneten Beträgen noch einen geschätzten Zuschlag vom Werte $^1/_2$ v. H. zu, der die Einwirkung des induktiven Spannungsabfalls $\tilde{e}_s$ während der Allein-Arbeitsperiode der Phase erfassen soll, so erhält man schließlich in erster Annäherung für den gleichstromseitig verursachten Spannungsabfall folgenden Ausdruck:

$$\overline{\overline{e_{\Delta gl}}} = (\tilde{e}_w)_{v.H.} \cdot \frac{C_e}{C_i} + (\tilde{e}_s)_{v.H.} \cdot \frac{C_e}{C_i} \cdot \frac{n}{2\pi} + {}^1/_2 \text{ in v. H.}$$

Hat beispielsweise der Transformator eine Kurzschlußspannung $\tilde{e}_k = 3{,}8$ v. H., während die beiden Komponenten $\tilde{e}_w = 1{,}5$ v. H. und $e_s = \tilde{3}{,}5$ v. H.

sind, so wird bei $n = 6$ der gesamte gleichstromseitige Spannungsabfall $\overline{e_{\Delta gl}} = 2{,}71 + 6{,}05 + 0{,}50 = 9{,}26$ v. H., ist also tatsächlich wesentlich größer, als es dem Werte $\tilde{e}_k$ selbst entspricht[1]).

[1]) Angenäherte Berechnung dieses besonderen Abfalls (Bild 9 und 10):

Annahmen: $w = 0$ (praktisch gut erfüllt),
ε = constans (praktisch gut erfüllt),
L = constans und in allen Zweigen gleich, in Bild 10 durch besondere „Anodendrosselspulen" dargestellt,
$\overline{J_{gl}}$ = constans (angestrebtes, meist gut, bei Straßenbahnbetrieb sehr gut erreichtes Ziel).

Während des Übergangs:

$$e_1 - L \cdot \frac{di_1}{dt} - \varepsilon + \varepsilon + L \cdot \frac{di_2}{dt} - e_2 = 0$$

$$i_1 + i_2 = \overline{J_{gl}} = \text{constans}$$

$$di_1 = - di_2$$

$$- L \cdot \frac{di_1}{dt} = + L \cdot \frac{di_2}{dt} = \frac{1}{2}(e_2 - e_1) = e_\Delta .$$

Zeitlicher arithmetischer Mittelwert von e_Δ:

$$\overline{e_{\Delta s}} = \frac{\int_0^{t_ü} e_\Delta \cdot dt}{T/n} = \frac{\int_0^{\overline{J_{gl}}} L \cdot di_2}{T\ /n},$$

daher $\overline{e_{\Delta s}} = L \cdot \overline{J_{gl}} \cdot n \cdot f$.

Der normale Spannungsabfall des Transformators wird durch die Kurzschlußspannung $\tilde{e}_k$ ausgedrückt, deren Komponenten $\tilde{e}_w$ und $\tilde{e}_s$ seien.

T = Dauer einer Periode $= \frac{1}{f}$,
$t_ü$ = Dauer eines Übergangs,
n = sekundäre Phasenzahl,
f = Frequenz.

Für $\tilde{e}_s$ gilt:

Effektivwert $\tilde{e}_s = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \cdot \tilde{J}_2$.

Im Gleichrichterbetrieb ist $\tilde{J}_2 = \overline{J_{gl}} \cdot C_i$,

daher $\overline{e_{\Delta s}} = \tilde{e}_s \cdot \frac{n}{2 \cdot \pi \cdot C_i}$.

Diese Beziehung liefert $\overline{e_{\Delta s}}$ in V, wenn $\tilde{e}_s$ in V ausgerechnet wurde. Meist wünscht man aber $\overline{e_{\Delta s}}$ in Hundertteilen von $\overline{P_{gl}}$ anzugeben und kennt $\tilde{e}_s$ in Hundertteilen von $\tilde{P}_2$.

Mit Berücksichtigung von $P_2 = \overline{P_{gl}} \cdot C_e$ folgt:

$$(\overline{e_{\Delta s}}) \text{ v. H.} = \frac{\overline{e_{\Delta s}}}{\overline{P_{gl}}} \cdot 100 = \frac{\tilde{e}_s}{\tilde{P}_2} \cdot 100 \cdot \frac{n \cdot C_e}{2 \cdot \pi\, C_i}$$

$$= (\tilde{e}_s) \text{ v. H.} \cdot \frac{n \cdot C_e}{2 \cdot \pi \cdot C_i}.$$

Unter der Annahme $\overline{J_{gl}}$ = const. wirkt L auf den Spannungsabfall in dieser Weise nur während der Übergangszeit, nicht während der Alleinarbeitszeit eines Zweiges.

Aus dieser Untersuchung geht hervor, daß, wenn man einen besonders niedrigen Spannungsabfall auf der Gleichstromseite erreichen will, die Kurzschlußspannung des Transformators niedrig gewählt werden muß und daß insbesondere der induktive Spannungsabfall klein gemacht werden muß, da dieser 60 v. H. des gesamten Spannungsabfalls ausmacht. Dies ist um so wesentlicher, als Regeleinrichtungen, mit deren Hilfe man die gleichstromseitige Spannung konstant halten will und die man nur wechselstromseitig einbauen kann, in ihrer Baugröße dem Spannungsabfall direkt proportional ausfallen.

Weiter folgt, daß bei Dreiphasen-Gleichrichteranlagen der Abfall geringer, für zwölfphasige noch größer wäre, falls $\tilde{e}_w$ und $\tilde{e}_s$ sonst gleich blieben.

Denn für $n =$	2	3	6	12
ergibt sich $\frac{C_e}{C_i} =$	1,41	1,46	1,81	2,47
$\frac{n}{2 \cdot \pi} \cdot \frac{C_e}{C_i} =$	0,45	0,70	1,73	4,73
und für $\tilde{e}_w = 1{,}5$ v. H., $\tilde{e}_s = 3{,}5$ v. H. $\overline{e_{\Delta gl}} =$	4,19	5,14	9,26	20,75 v. H.

Abgesehen von der bekannten Typenvergrößerung des Transformators mit Zunahme der Phasenzahl n liegt also auch hier ein Grund gegen zu große Phasenzahlen im Transformator vor. Denn man würde sehr viel Spannungsabfall, oder bei Herabsetzung von $\tilde{e}_s$ und $\tilde{e}_w$ kurzschlußschwache und kupferreiche, also teure, Transtormatoren dafür in Kauf nehmen müssen.

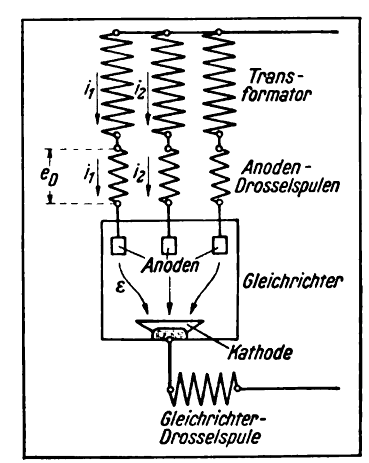


Bild 10. Schaltbild eines Gleichrichters mit Anodendrosselspulen.

$\tilde{e}_k$ muß übrigens, dem Gleichrichterbetrieb entsprechend, gemessen werden hinsichtlich Phasenzahl und Phasenbenutzung; die aus voller Belastung aller Wicklungen gefundenen Zahlen (z. B. bei regelmäßigem n-Phasen-Kurzschluß) sind nur dann unmittelbar verwendbar, wenn die Phasenzahlen primär und sekundär gleich sind, jedoch z. B. zu halbieren, wenn sie wie 1 : 2 stehen, z. B. primär drei, sekundär sechs Phasen. (Schluß folgt.)

Dampfmessung

Von Dr.-Ing. M. Schaack, Wassermesser-Abtlg. der S. u. H. A.-G.

Zielsichere Betriebsführung erfordert vollkommene Beherrschung der inneren und äußeren Energiequellen eines Werkes und des von ihnen ausgehenden Kraftflusses. Ziel ist: Höchste Steigerung des erreichbaren Nutzens. Für oder gegen alle Neuerungen entscheidet daher letzten Endes der zu erwartende Gewinn.

Mit fortschreitender Verfeinerung der Arbeitsverfahren schwindet der Spielraum für Vergeudung. Die notwendige Folge dieses Vorgangs ist schärfste Überwachung aller energieführenden Elemente — zum Wohle der Allgemeinheit und ihres Energiekapitals.

In diesem Sinn ist für Dampfbetriebe zu fordern: Wohlfeile Erzeugung, Vermeiden aller Verluste und sparsamer Verbrauch, im wesentlichen also: Hochwertiger Kesselhausbetrieb, ein tadellos instandgehaltenes Rohrnetz und ausgezeichnete Gütegrade aller Dampfverbraucher. Dazu sind betriebstüchtige Meßwerkzeuge notwendig, d. h. Umformer für die mit unseren Sinnen nicht erfaßbaren Vorgänge in solche, die durch Auge und Ohr wahrgenommen werden können.

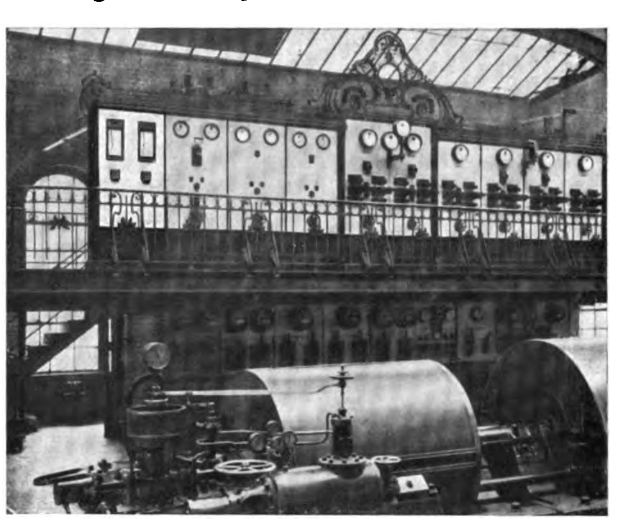
Solche Umformer sind Dampfmesser (Bild 1).

In jedem Betrieb treten regelmäßige und unregelmäßige Belastungsschwankungen auf. Je besser diese nach ihrem zeitlichen Verlauf und ihrem Ausmaß erfaßbar werden, je enger man ihnen also Feuerführung und Kesselleistung anpassen kann, um so geringer sind alle Störungen des Betriebes, die infolge Nachlassens der Dampfspannung, und alle Verluste, die durch Abblasen der Sicherheitsventile, durch erhöhte Rauchgas- und Mauerwerkstemperatur entstehen.

Liegt jedoch eine Reihe von Diagrammblättern (Bild 2) eines schreibenden Dampfmessers vor, so läßt sich ohne weiteres der Verlauf des normalen Dampfverbrauches erkennen und die Feuerführung danach einrichten.

Leistungsanzeiger (Bild 3) und Leistungsschreiber (Bild 4) zeigen steigende Dampfentnahme schon vor dem Sinken des Druckes an, so daß auch die unregelmäßigen Stöße rechtzeitig vom Heizer aufgefangen werden können. Beide Instrumente schützen vor Überlastung und dadurch vor kostspieligen Instandsetzungsarbeiten an hochbeanspruchten Kesselteilen.

Der Leistungsschreiber (Bild 4) gibt zusammen mit einem Planimeter (Bild 13) die notwendigen Unterlagen zur Preisgestaltung und zur Überwachung der Dampfwirtschaft. Er ist berufen,



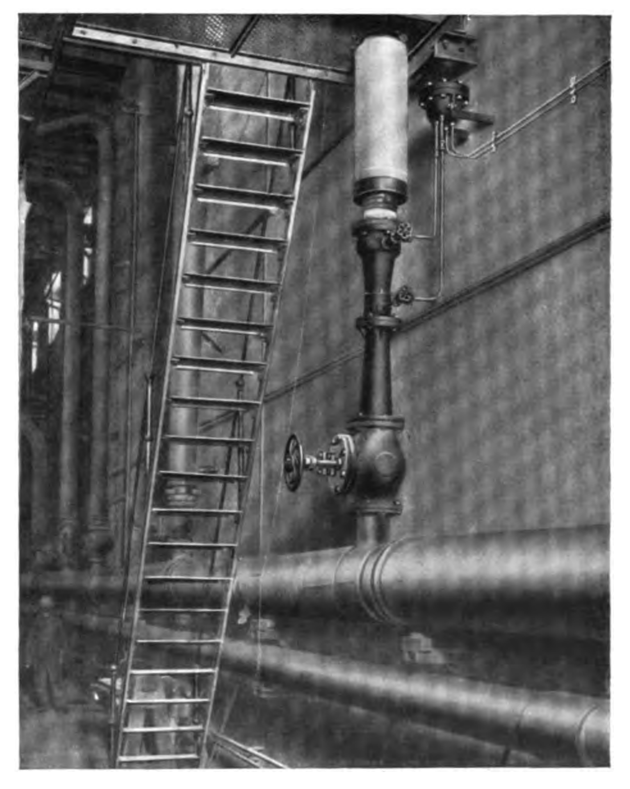


Bild 1. Dampfmesser, in einer Anlage eingebaut.

Streitigkeiten zwischen Erzeuger und Verbraucher um die Dampfentnahme zu schlichten. Er kann Schäden im Rohrnetz aufdecken und zu recht-

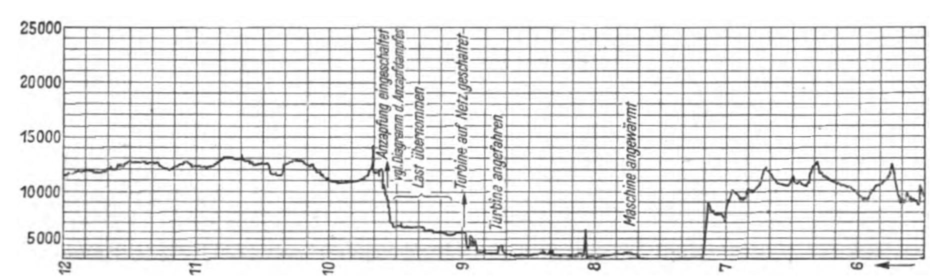


Bild 2. Diagramm eines Siemens-Venturidampfmessers für überhitzten Dampf.

zeitigem Abstellen beitragen. Denn vom Erzeuger zum Verbraucher ist oft ein weiter Weg, und mit seiner Länge wachsen die Verlustmöglichkeiten.

Endlich beim Verbraucher selbst: Jede dampfverbrauchende Einrichtung wird leicht zur dampfverschwendenden; laufende Betriebsüberwachung sichert aber gegen Mehrverbrauch durch Schäden in der Maschine, im Kocher usw.

Nicht unerwähnt soll schließlich der bedeutende erzieherische Wert eines zuverlässig arbeitenden Dampfmessers bleiben. Wieviel ohne große Mühe gespart und wieviel mit Leichtigkeit vergeudet werden kann, haben die durch die Kriegswirtschaft herbeigeführten Verhältnisse deutlich gezeigt.

Je knapper die Kohle, um so wertvoller der Dampf, um so schärfer die Überwachung der in ihm enthaltenen Wärmemengen, d. i. gleichbedeutend mit dem Streben nach genauem Messen. Dieser Zustand kennzeichnet die Art der Betriebsführung in Deutschland. In Amerika dagegen, wo der Brennstoff in reichlicheren Mengen verfügbar ist und im Verhältnis zu den Löhnen weniger hoch bewertet wird, begnügt man sich mehr mit Vergleichsmessungen, die die hauptsächlichen Verlustquellen, u. a. gedankenloses Verschleudern von Energiewerten, eindämmen sollen. Steigern der Meßgenauigkeit würde hier wahrscheinlich höhere Kosten erfordern als einbringen.

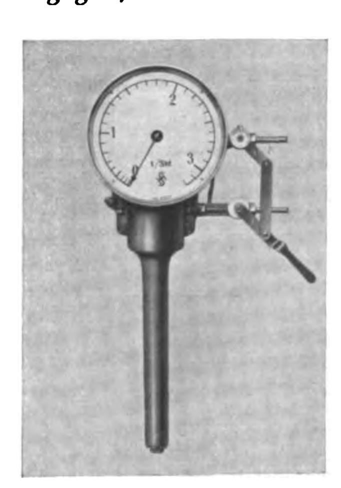


Bild 3. Leistungsanzeiger für einen Dampfmesser.

Aus dem Gesagten dürfte die grundsätzliche Bedeutung der Überwachung von Dampfanlagen durch Dampfmesser zur Genüge hervorgehen.

Nachstehend einige Beispiele aus der Praxis; sie sind in einem großen Unternehmen gesammelt worden, das Hütten- und Walzwerke, Fabriken für Holzbearbeitungsmaschinen und Gießereien umschließt.

1. Der tägliche Verbrauch einer Heizdampfleitung von 250 mm Durchmesser betrug etwa 50 t und erschien reichlich hoch. Die Diagramme des eingebauten Dampfmessers zeigten unregelmäßige Belastung, vor allem Heizspitzen. Tägliche Beobachtungen führten dazu, die Heizzeiten einzuschränken und die Anwärme- und Entwässerungsverluste zu überwachen und damit zu einer Kontrolle der Heizer. Der Verbrauch wurde bei gleichen Heizerfolgen um etwa 15 t täglich herabgesetzt, was einer Dampfersparnis von 30 v. H. entspricht.

2. Der Dampfverbrauch einer Turbo-Kesselspeisepumpe von 60 m³/h Leistung betrug 20 t Dampf täglich, wobei die Pumpe nur bis zu 30 v. H. ihrer normalen Beanspruchung belastet war. Die Auswertung der Dampfdiagramme führte dazu, eine Duplexpumpe für 20 m³/h aufzustellen, wodurch der Dampfverbrauch von 20 auf 10 t zurückging.

3. Der Dampfverbrauch der Schmiedepressen und Dampfhämmer war sehr hoch. Die mit Hilfe eines Dampfmessers vorgenommenen Versuche und Beobachtungen ergaben bedeutende Verluste bei einzelnen Hämmern, vor allem undichte Entwässerung. Nach Abstellen dieser Mängel ergab sich eine Dampfersparnis von 20 v. H.

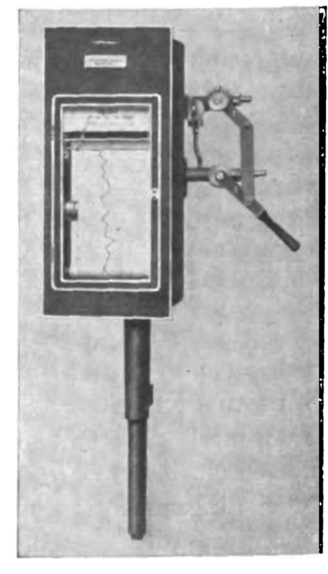


Bild 4. Leistungsschreiber für einen Dampfmesser.

4. Bei einer Warmwasser-Heizanlage mit Umwälzpumpe und indirekter Erwärmung durch

Hochdruckdampf wurde der Dampfverbrauch durch Untersuchung mit Dampfmessern von 10 t auf 3 t für den Tag herabgesetzt.

Die folgenden drei Beispiele sind das Ergebnis der Untersuchungen von Professor Aschoff (vgl. Archiv für Wärmewirtschaft 1923, Seite 141: „Die Wärmewirtschaft in Krankenhäusern, Heil- und Pflegeanstalten").

5. In einer größeren Krankenanstalt wurde durch genaue Messungen der Dampfverbrauch der Kochküche ermittelt. Es ergab sich ein mittlerer Dampfverbrauch von 1,60 kg, bezogen auf die Betriebsstunde der Küche je Person, während nach den vorliegenden Erfahrungen mit einem durchschnittlichen Dampfverbrauch von 0,55 kg für die Personenstunde gerechnet werden kann. Der Mehrverbrauch beträgt in diesem Fall also 190 v. H. Die Kopfzahl beträgt in dieser Anstalt rund 600. Es ergibt sich infolgedessen bei zwölfstündigem täglichen Betrieb der Küche ein Verlust von 600 (1,60 – 0,55) · 12 · 360 · 8 = rund 20 Millionen Papiermark jährlich, wenn der Dampfpreis mit 8000 Papiermark je Tonne in Ansatz gebracht wird. Diese Summe kann ohne große besondere Vorkehrungen größtenteils gespart werden; denn der Mehrverbrauch ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß die Entlüftungshähne an den Kochkesseln nach dem Ausblasen der Luft bei Inbetriebsetzung nicht geschlossen wurden, sondern während der ganzen Betriebszeit geöffnet blieben und den Dampf unausgesetzt austreten ließen. Die Ersparnis beträgt also, wenn wir heute einen Preis von 2,50 Goldmark für 1000 kg Dampf annehmen, rund 6500 Goldmark.

6. In einem anderen Falle wurden die maschinellen Einrichtungen einer großen Waschküche durch eine Dampfmaschine angetrieben. Der Abdampf diente teilweise zum Vorwärmen von Wasser für die Wasch- und Kochküche. Der Rest puffte aus, während er vollkommen für den Trockenschrank genügen würde, der mit Frischdampf geheizt wurde. Die Rechnung ergab, daß hier bei gleichem Dampfpreis, wie oben angenommen, jährlich rund 500 Goldmark gespart werden könnten, so daß die Kosten für das Ändern der Rohrleitung in kurzer Zeit gedeckt sind.

7. Es mag noch hingewiesen werden auf die meist verzweigten Heizungsanlagen, bei denen die Rohrleitungen durch Kanäle zu den einzelnen Gebäuden führen. Sind die Ventile unrichtig, d. h. in den einzelnen Gebäuden statt an den Verteilungsstellen in der Nähe der Kessel angeordnet, so stehen häufig lange Rohrstränge zwecklos unter Dampf, so daß unnötige, große Kondensationsverluste eintreten. Besonders groß werden die Verluste, wenn, wie häufig, die Kanäle sowie die Räume, in denen die Boiler usw. untergebracht sind, dauernd gelüftet werden und die Isolierung der Leitungen nicht instandgehalten wird.

Flüssigkeiten, Gase und Dämpfe können entweder in ruhendem oder in strömendem Zustand gemessen werden. Die Eigenschaften des gespannten Wasserdampfes als Wärmeträger hoher Temperatur beschränken die Möglichkeit, ihn zu messen, auf die zweite Art. Diese beruht im allgemeinen (von dem in Amerika für Gase benutzten Thomasverfahren soll hier abgesehen werden) auf einer Geschwindigkeitsbestimmung, aus deren Ergebnis bei gleichzeitiger Kenntnis der die Zustandsgleichung bestimmenden Größen und des Durchflußquerschnitts auf die Menge geschlossen werden kann. Grundsätzlich führen dabei drei Wege zum Ziel:

I. Flügelradmessung,
II. Schwimmermessung,
III. Strömungsmessung:
  a) mit Staurohr,
  b) mit Staurand,
  c) mit Düse,
  d) mit Venturirohr.

Die Empfindlichkeit des Flügelrades gegen mechanische Schäden (Wasserschlag), hohe Ansprüche bezüglich reibungsfreier Lagerung bei hoher Temperatur (Schmierung) und die Veränderung seiner Abmessungen durch Temperaturschwankungen (Einbuße an Meßgenauigkeit) machen die Flügelradmessung für den vorliegenden Fall ungeeignet.

Die Schwimmermessung beruht auf der Einstellung eines freien Querschnitts entsprechend der durchfließenden Menge mit Hilfe des aufwärts gerichteten Dampfstromes. In diesem schwimmt ein (z. B. konischer) Körper, dessen Hub dem veränderlichen Durchgangsquerschnitt entspricht und so ein Maß für die Dampfmenge bildet. Einige Ausführungsformen zeigen auch die umgekehrte Anordnung; bei ihnen bewegt

sich eine Scheibe in einem konischen Kanal auf und nieder.

Solche Apparate erscheinen in gewissen Fällen zur Dampfmessung geeignet. Die Anwendung ist auf kleinere Leistungen und der Einbau auf wagerecht liegende Leitungen beschränkt. Da die Anzeige-Vorrichtung mit dem Meßorgan eng verbunden ist, muß der Apparat leicht zugänglich gemacht, also bei hochliegender Rohrleitung diese entweder heruntergezogen oder eine Treppe angelegt werden. Die Bewegung des Schwimmers wird durch eine Stopfbuchse aus dem Druckraum nach außen übertragen, die recht häufig Anstände im Betrieb veranlaßt. Endlich muß die Belastung in gewissem Maße stetig sein. Treten dagegen regelmäßige Stöße auf — z. B. beim Betrieb von Dampfhämmern —, so teilen sich diese dem Schwimmer mit und führen zu Unannehmlichkeiten im Betriebe.

Die Messung mit Staurohr usw.[1]) erfordert im allgemeinen besondere Sorgfalt wegen der meist geringen Unterschiede zwischen statischem und dynamischem Druck (Mikromanometer), so daß solche Apparate für Betriebsmessungen weniger geeignet sind. In diese Gruppe gehören auch die Sersche und die Krellsche Scheibe. Da zudem die Geschwindigkeitsverteilung über den Rohrquerschnitt nicht konstant ist, hat man ein besonderes Verfahren für das Auswerten der Messung zur Volumenbestimmung nötig [2]).

Für den Betrieb besser geeignet sind die Messungen mit Stauflansch und Venturirohr, die hier eingehender besprochen werden sollen.

Bei der Differenzdruckmessung wird künstlich eine Druckabnahme erzeugt, deren Ausmaß die strömenden Mengen kennzeichnet.

Strömt ein flüssiger Körper in einer Rohrleitung, die an einer Stelle (Meßstelle) eine Querschnittsänderung aufweist, so besteht folgende bekannte Energiegleichung[3]):

$$\frac{w_2^2}{2g} - \frac{w_1^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}.$$

[1]) Zur Theorie dieser Messung vgl. z. B. P. Biber, Instrumente zur Geschwindigkeits- bzw. Volumenmessung gasförmiger und tropfbar flüssiger Körper; Zeitschrift für Feinmechanik, 1921.

[2]) Näheres siehe Rietschel-Brabée, Leitfaden zur Berechnung und zum Entwerfen von Lüftungs- und Heizungsanlagen; Berlin, Julius Springer.

[3]) Ableitung, vgl. z. B. Keck, Vorträge über Mechanik, Band II.

Die Zeiger 1 und 2 bedeuten die beiden Meßstellen im normalen und im verengten Querschnitt.

Es bezeichnen:

w_1 und w_2 die Geschwindigkeiten,
p_1 und p_2 die zugehörigen Drücke,
γ das spezifische Gewicht.

Von Reibungs-, Stoß- usw. Verlusten sei abgesehen. Ebenso soll die Anwendung auf Unterschallgeschwindigkeiten beschränkt werden, die heute allein praktischen Wert für die Dampfmessung haben.

In der Energiegleichung steht auf der linken Seite die Zunahme der Geschwindigkeitshöhe, auf der rechten die Abnahme der statischen Druckhöhe. Mit anderen Worten, einer Zunahme der Geschwindigkeit von 1 nach 2 entspricht eine Abnahme des Druckes in der gleichen Richtung.

Nach der Kontinuitätsgleichung besteht ferner die Beziehung:

$F_1 \cdot w_1 \cdot \gamma_1 = F_2 \cdot w_2 \cdot \gamma_2$ mit $\gamma_1 = \gamma_2 = 1$ für Wasser, mit F_1 und F_2 als freien Durchflußquerschnitten

oder $$w_2 = \frac{F_1 \cdot w_1}{F_2}.$$

In die obengenannte Energiegleichung eingesetzt, ergibt sich:

$$\frac{F_1^2 \cdot w_1^2}{F_2^2 \cdot 2g} - \frac{w_1^2}{2g} = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

$$(F_1 \cdot w_1)^2 \cdot \left(\frac{1}{F_2^2 \cdot 2g} - \frac{1}{F_1^2 \cdot 2g}\right) = \frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

$$F_1 \cdot w_1 = Q = \sqrt{\frac{(p_1 - p_2) \cdot F_1^2 \cdot F_2^2 \cdot 2g}{\gamma \cdot (F_1^2 - F_2^2)}}$$

$$Q = \sqrt{\frac{2g}{\gamma} \cdot \frac{F_1^2 \cdot F_2^2}{F_1^2 - F_2^2}} \cdot \sqrt{p_1 - p_2}$$

$$Q = C \sqrt{H}.$$

Diese einfachen Verhältnisse gelten nur für Flüssigkeiten, deren spezifisches Gewicht sich durch die Druckabnahme nicht wahrnehmbar ändert, z. B. für Wasser. In verwickelterer Form kann man aber auch für Gase und Dämpfe Beziehungen zwischen Durchflußmenge und Druckabfall aufstellen, und zwar bedient man sich in Ermangelung eines Besseren der Näherungsgleichung von de St. Venant und Wantzel, wie sie z. B. bei Schüle, Technische Thermodynamik I, eingehend behandelt ist.

Sie lautet:

$$G = \psi \cdot F_2 \cdot \frac{p_1}{v_1}.$$

Hierin bedeuten außer den schon genannten Bezeichnungen:

G das stündliche Dampfgewicht,

v_1 das spezifische Volumen des Dampfes vor der Düse,

ψ den Ausflußfaktor, für den die Gleichung gilt:

$$\psi = \sqrt{\frac{\varkappa}{\varkappa - 1}} \cdot \sqrt{\left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{2}{\varkappa}} - \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{\varkappa+1}{\varkappa}}}.$$

Ist $\frac{p_2}{p_1} = 1$, so ist $\psi = 0$. Steigt das Druckverhältnis p_1, so wächst auch ψ, jedoch nur bis zu einem bestimmten Werte. Rein analytisch betrachtet, würde die Kurve danach wieder fallen; praktisch bleibt der Wert von ihrem Scheitelpunkt ab, entsprechend dem kritischen Druckverhältnis, konstant, d. h. selbst unbegrenzte Steigerung des Druckes vor der Düse vermag keine größere Durchflußmenge, keine höhere Geschwindigkeit in der Düse (Höchstgeschwindigkeit = Schallgeschwindigkeit) hervorzurufen.

Unter Anwendung eines entsprechenden Querschnittsverhältnisses $F_1 : F_2$ könnte man also einen Dampfmengenbegrenzer herstellen.

In der Gleichung von de St. Venant und Wantzel tritt, im Gegensatz zu der für Wasser geltenden, nicht mehr der Druckunterschied, sondern das Druckverhältnis hervor. Im Bereich des bei der Dampfmessung vorkommenden Druckabfalles kann die Durchflußmenge aber auch dem Druckunterschied mit genügender Genauigkeit proportional gesetzt werden, so daß ein Differentialmanometer auch in diesem Falle zur Anzeige geeignet ist.

Über die Größe des kritischen Druckverhältnisses für Dampf hat Dr.-Ing. Bendemann in dem Aufsatz „Über den Ausfluß des Wasserdampfes"[1]) genaue Untersuchungen veröffentlicht.

Der Spannungsabfall in einer Dampfleitung kann z. B. mittels Querschnittsverengung durch eine sogenannte Stauscheibe (Bild 5) erzeugt werden. Der Dampfstrom verengt sich vor der Scheibe mehr und mehr und schwillt in einer gewissen Entfernung hinter ihr wieder auf den vollen Rohrquerschnitt an. Je enger die freie Öffnung in der Stauscheibe im Verhältnis zum Leitungsquerschnitt ist, um so größer sind die toten Winkel in unmittelbarer Umgebung der Meßstelle. Da in ihnen Wirbelströme zustande kommen, die einen Verlust für die Dampfspannung, d. i. für die Dampfenergie bedeuten, ist eine Stauscheibe vor allem in solchen Fällen anwendbar, in denen die Spannungsenergie keine wesentliche Rolle spielt, also z. B. bei Koch- und Heizanlagen.

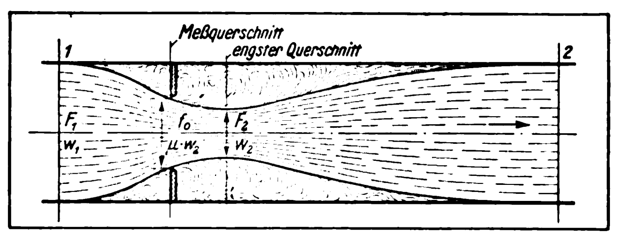


Bild 5. Durchströmen von Dampf durch eine Stauscheibe.

Das Verhältnis des sich tatsächlich einstellenden engsten Querschnittes (Bild 5) zum freien Querschnitt der Meßscheibe $\left(\frac{f}{F_2}\right)$ ist der Ausflußkoeffizient μ. Er ist mithin ein echter Bruch, mit dem die theoretische Durchflußmenge noch multipliziert werden muß, damit Übereinstimmung mit der Wirklichkeit erzielt wird. Der Wert von μ schwankt nach Untersuchungen von Müller und Langen von 0,6 bis gegen 1,0. Besonders erschwerend für eine genaue Messung ist dabei der Umstand, daß μ von der Belastung abhängt, für eine gegebene Stauscheibe also verschiedene Werte annehmen kann.

Die Mündungen (Düsen) haben wegen der besseren Anpassung an das Strombild höhere Werte für μ ergeben. Nach den Vorschlägen des V. D. I.[1]) sind sogenannte Normaldüsen entwickelt worden, deren Ausflußfaktor nahezu 1 beträgt (0,970 : 0,995). Gut abgerundete, sorgfältig bearbeitete Düsen erzeugen einen geringeren Spannungsabfall als Stauscheiben bei demselben Öffnungsverhältnis (vgl. auch die Ausführungen von Siemens & Halske A.-G.), Bild 6. Je geringer die Meßkräfte, um so ungenauer arbeitet die Anzeigevorrichtung, denn deren mechanische Gesamtreibung erfordert immerhin eine gewisse Verstellkraft, die um so größer ist, je höher die Anforderungen an Auswertbarkeit der Diagramm-

[1]) „Mitteilungen über Forschungsarbeiten", Heft 37.

[1]) Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren, 1912; Mitt. d. Vereins deutscher Ingenieure.

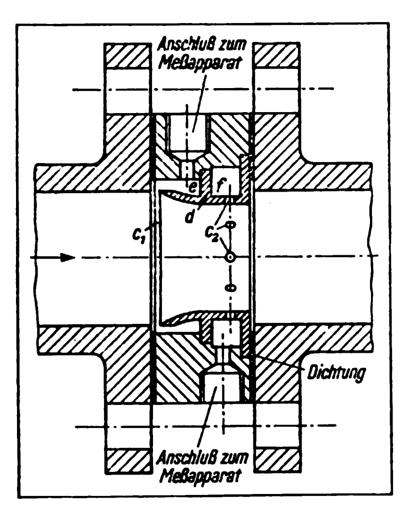


Bild 6. Düsen-Meßflansch.

streifen, an die Größe der Ausschläge usw. gesteigert werden.

Daher ist es erforderlich, große Verstellkräfte durch große Druckabnahme im Meßorgan frei zu machen und trotzdem die in Geschwindigkeit umgesetzte Spannungsenergie dem Dampfstrom wieder zuzuführen. Das gelingt mit Hilfe des sogenannten Venturiprinzips, bei dem hinter der Düse ein allmähliches Anschwellen des Dampfstromquerschnitts auf den früheren Durchmesser zwangläufig herbeigeführt wird.

Ohne Verluste kann natürlich auch dieses Verfahren nicht arbeiten. Vielmehr tritt auch hier ein Druckabfall auf, er macht aber nur einen sehr geringen Teil der Gesamtspannung aus. Die Vorteile, die eine einwandfrei arbeitende, betriebstüchtige Anzeigevorrichtung und die durch sie erlangten Werte bieten, wiegen jedenfalls den Druckverlust in der Meßeinrichtung bei weitem auf.

Das einwandfreie Arbeiten des Venturirohres wird durch den vorhandenen freien Querschnitt außerordentlich begünstigt. An der engsten Stelle (Bild 7) herrscht die größte Geschwindigkeit, so daß hier, im wichtigsten Teile des Meßorgans, Verschmutzungen durch Ablagern fester Bestandteile nicht vorkommen können. Infolgedessen ist eine dauernde Anzeigegenauigkeit gewährleistet, die mancher anderen Anordnung mangelt. Ein weiterer Vorzug besteht in der weitgehenden Anpassungsmöglichkeit an die vorhandenen Betriebsverhältnisse durch geeignete Wahl des Einschnürungsverhältnisses. Dieser Umstand ist besonders wichtig. Auf ihn wird bei der Behandlung der Anzeigeapparate noch ausführlicher zurückzukommen sein.

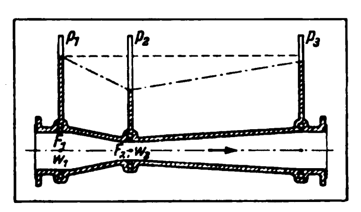


Bild 7. Prinzip des Venturirohres.

Das Meßorgan, der primäre Teil der Anlage, wird mit dem sekundären, der Anzeigevorrichtung, durch dünne Rohrleitungen verbunden, die über Kondensationsgefäße führen (Bild 8). Um eine richtige Anzeige zu erzielen, müssen über beiden Quecksilberspiegeln gleich hohe Flüssigkeitssäulen desselben Mediums stehen. Bei Dampfmessungen verwendet man zweckmäßig Wasser, das durch Kondensation dem Dampf entnommen wird.

Die Kondensationsgefäße bestehen aus zwei Kammern mit je einem Überlauf, durch den gleichzeitig der Dampf von der Meßstelle herangeführt wird. Zwei weitere Leitungen führen vom Kondensationsgefäß zum Anzeige- oder Schreibapparat. Alle vier Leitungen sind so steil wie möglich zu verlegen (Bild 8), damit durch das eine Paar das überschüssige Kondenswasser stets ungehindert zurückfließen kann und im anderen etwa entstehende Luftblasen sofort entweichen können.

Wie schon gezeigt, wird die durchgeflossene Menge durch eine Wurzelfunktion dargestellt; die Radizierung kann im Differentialmanometer selbst vorgenommen werden, wenn man dem

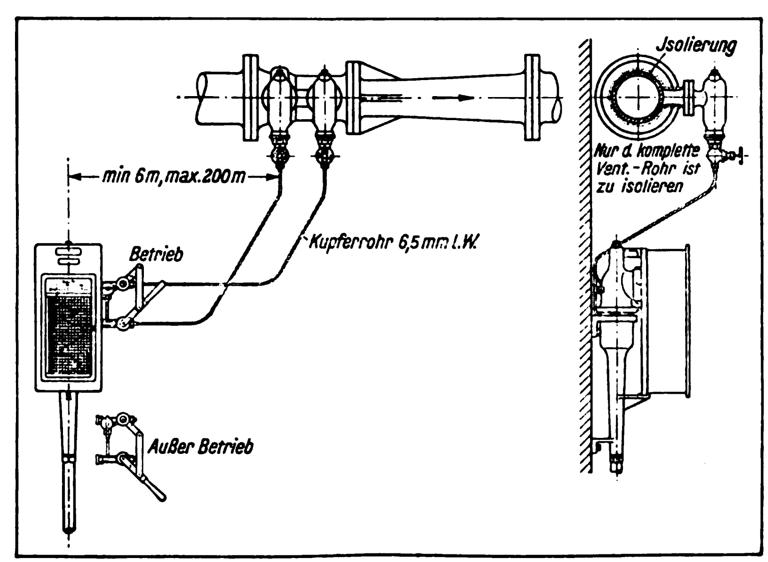


Bild 8. Venturidampfmesser mit registrierendem Leistungsanzeiger, schematisch dargestellt.

einen Schenkel des Gefäßes eine parabolische Form gibt.

Aus Bild 9 ist die Wirkungsweise des Apparates ersichtlich. Um die Anordnung nicht zu umfangreich werden zu lassen, stellt man beide Schenkel ineinander und läßt auf den parabolisch geformten den höheren, auf den zylindrischen den geringeren Druck wirken.

Im inneren Gefäß liegt ein Schwimmer, der eine Zahnstange trägt. Diese ist in ihrem oberen Teile geführt. Sie bewegt ein Zahnrad, das mit einem permanenten Magneten auf derselben Achse drehbar gelagert ist.

Die Kraftlinien treten nun durch eine bronzene Buchse aus dem Druckraum heraus und in einen ebenfalls drehbaren zweiten Magneten ein, dessen Achse außen mit der ersten in gleicher Flucht liegt.

Durch diese Anordnung werden Stopfbuchsen, die stets Anlaß zu Undichtigkeiten und vermehrter Reibung sind, vermieden. Bei den Apparaten, die nur die augenblickliche Durchflußmenge anzeigen (Leistungsanzeigern), hat man außerdem nur nötig, einen Zeiger auf die Achse zu setzen (Bild 10). Das Fehlen aller mechanischen Übertragungsmittel macht den Apparat äußerst zuverlässig; seine Meßgenauigkeit beträgt $\pm$ 2 v. H.

Für die Zwecke, bei denen der zeitliche Verlauf der Dampfentnahme oder der Dampflieferung erkennbar sein muß, bedient man sich des Dampf-Registrierapparates. Die von ihm geschriebene Kurve hat außerdem den Vorzug, mit einfachen Mitteln planimetrierbar zu sein. Man kann also für irgendeinen zurückliegenden Zeitabschnitt die Dampfmenge nachträglich noch feststellen und den Belastungsverlauf verfolgen.

Ausführungsformen von Dampf-Registrierapparaten zeigen Bild 11 und 12, und zwar Bild 11 für Anordnung auf einer Schalttafel, Bild 12 für Wandbefestigung.

Bei diesen Apparaten ist es notwendig, die Drehbewegung der äußeren Magnetachse in eine geradlinige umzuformen, damit das Registrierpapier rechtwinklige Koordinaten erhält. Das geschieht mit Hilfe eines Lenkers. Eine über dem Streifen angebrachte Skala erleichtert zudem das Ablesen der augenblicklichen Durchflußmenge. Bild 12 zeigt einen Einblick in das Innere des Apparates.

Der Registrierstreifen wird durch ein Uhrwerk von der Vorratsrolle abgewickelt und dabei über einen Tisch unter der Feder hinweggezogen. Das freie Ende des Blattes wickelt ein Laufwerk selbsttätig wieder auf (Bild 9). Uhrwerk und Laufwerk sind für 8 Tage eingerichtet.

Wechselt die Belastung in der Zeiteinheit stark, so gibt man dem Papier einen größeren Vorschub; schwankt sie weniger, so wird er nur gering gemacht. Eine normale Rolle läuft bei 60 mm stündlichem Vorschub in zehn Tagen leer.

Wie schon hervorgehoben, ist der eine Schenkel des Differential-Manometers parabolisch ausgebildet (Bild 9). Würde diese Parabelform bis zum Nullpunkt beibehalten werden, so müßte sich der Quecksilberspiegel in der Nullpunktlage über eine sehr große Fläche ausbreiten; er dürfte sich jedoch dabei theoretisch nicht über den Scheitelpunkt der Parabel erheben. Da das Metall aber einen konvexen Meniskus bildet, kann die Messung unter solchen Umständen keinen Anspruch auf wirkliche Genauigkeit machen. Geht das Quecksilber herunter, so sinkt zunächst der Spiegel, ohne daß gleichzeitig der Rand zurücktritt. Die Messung wird also zum mindesten sehr unzuverlässig und die wertvolle Kontrolle des Nullpunktes illusorisch.

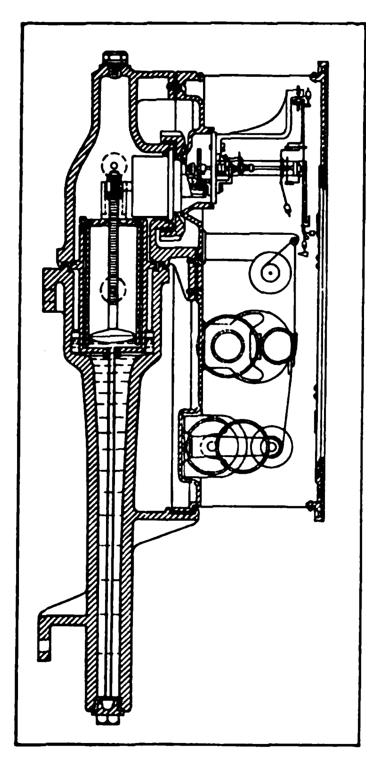


Bild 9. Registrierender Leistungszeiger für Venturidampfmesser.

Man hat daher bei der vorliegenden Ausführung auf die Radizierung im untersten Meßbereich verzichtet zugunsten einer zuverlässigeren Anzeige.

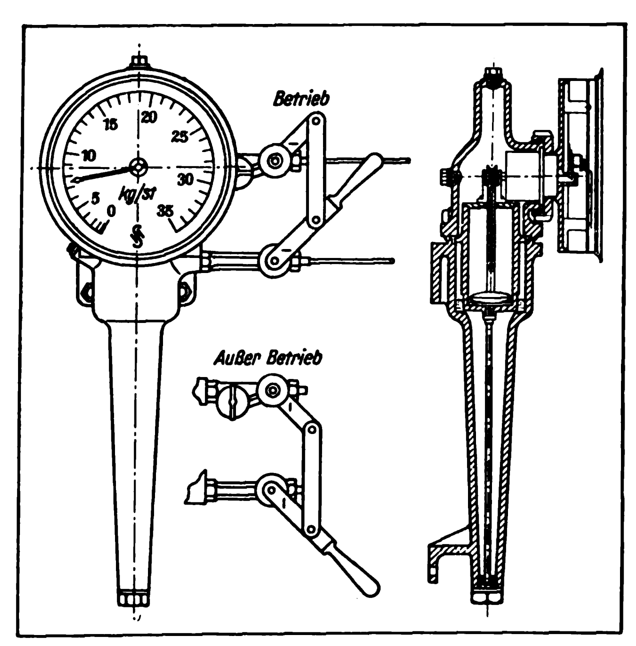


Bild 10. Dampfzeiger, der die augenblickliche Durchflußmenge angibt.

Bedenkt man zudem den Umstand, daß gerade in dem besprochenen Bereiche die Verstellkraft auf kleinem Weg auf den Schwimmer einwirkt, während auf dem Papier wegen der Konstanz des Produkts: Kraft × Weg, ein großer Weg mit entsprechend geringerer Kraft zurückgelegt werden muß, auf welche verschiedene Papierreibung schon einen maßgebenden Einfluß hat, so wird man von der Zweckmäßigkeit, die Parabel im oberen Teil aufzugeben, überzeugt sein. Andererseits wird man jetzt bestrebt sein, die am häufigsten auftretende Anzeige in die Mitte der Papierbreite zu legen, damit die Schwankungen möglichst in dem genauen Teile der Skala liegen. Dies läßt sich unschwer dadurch erreichen, daß man im Venturirohr das passende Einschnürungsverhältnis herstellt. Das ist aber möglich, weil bei der Auswahl der Düse auf den jeweilig vorliegenden Fall Rücksicht genommen wird.

Bild 11. Dampf-Registrierapparate, auf Schalttafel befestigt.

Die Genauigkeit des Registrierapparates erreicht infolge höchstgesteigerter Präzision der Ausführung den gleichen Wert wie beim Anzeigeapparat, nämlich ebenfalls ± 2 v. H.

Die Differenzdruckmessung stellt, wie aus den gegebenen Ableitungen ersichtlich, die Geschwindigkeit des durch den unveränderlichen Düsenquerschnitt fließenden Dampfes und somit in erster Linie das Volumen fest.

Kauf und Verkauf von Dampf geschieht jedoch üblicherweise nach Gewichtseinheiten. Dementsprechend wird beim Berechnen des Messers die Wirkung des im allgemeinen herrschenden Druckes und der Temperatur in bezug auf die Veränderlichkeit des spezifischen Gewichtes von vornherein berücksichtigt. Für diesen, der Rechnung zugrunde gelegten Zustand zeigt der Messer dann genau. Geringe Schwankungen haben auch keinen großen Einfluß auf die Genauigkeit des Ergebnisses. Schwankt jedoch der Druck sehr stark und wird trotzdem eine hohe Genauigkeit verlangt, so müssen die Temperatur- und Druckänderungen berücksichtigt werden. Der Messer zeigt bei höherer Temperatur zu viel, bei höherem Druck zu wenig Gewichtseinheiten an. Der rechnerische Zusammenhang ist folgender:

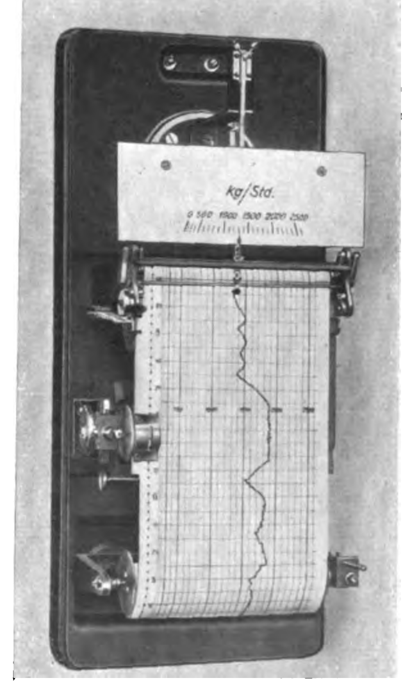


Bild 12. Dampf-Registrierapparat zum Befestigen an der Wand.

In der Formel von de St. Venant und Wantzel

$$G = \psi F \cdot \sqrt{\frac{p_1}{v_1}}$$

ändert sich bei Temperaturschwankungen das spezifische Volumen. Die Änderung in der Anzeige ist also proportional der Quadrat-

wurzel aus dem Verhältnis der absoluten Temperaturen.

Bei Druckschwankungen ändert sich in der erwähnten Gleichung auch der Anfangsdruck. Den Fehler rechnerisch genau zu ermitteln, würde also nicht so einfach sein. Überschläglich gerechnet, ändert sich die Dampfmenge proportional der Quadratwurzel aus den absoluten Drücken. Man gelangt schneller zum Ziel durch Aufzeichnen von Kurven, aus denen sich die Werte durch Abgreifen entnehmen lassen.

Im Betrieb liegen die Verhältnisse meistens noch einfacher. Steigt nämlich die Belastung und sinkt der Druck, so strömt der Dampf mit größerer Geschwindigkeit durch den Überhitzer, wobei auch seine Temperatur abfällt. Fallender Druck und fallende Temperatur heben sich aber in ihren Wirkungen in bezug auf das Meßergebnis mehr oder weniger auf, so daß in den meisten Fällen eine Korrektur der Anzeige nicht erforderlich ist.

Druck und Temperatur durch selbsttätige Einrichtungen zu berücksichtigen, ist wohl hin und wieder versucht worden, die Apparate haben jedoch durch das Hinzufügen dieser Elemente oft ihre Betriebssicherheit eingebüßt.

Grundsätzlich verfehlt dürfte es sein, einseitig nur den Druck durch selbsttätige Einrichtungen zu berücksichtigen. Ohne Temperaturkorrektur ergeben diese Apparate natürlich einen erheblichen Fehler. Will man diesen auch noch verbessern, was zur Zeit nur rechnerisch geschehen kann, so stellt es keine Vereinfachung dar, wenn man den Einfluß des Druckes durch selbsttätige Einrichtungen ausgleicht. Läßt man sie dagegen fort, so hat man eine Anzeige, von der man von vornherein weiß, daß sie falsch ist.

Siemens-Dampfmesser enthalten derartige Einrichtungen nicht.

Der Registrierstreifen stellt die Dampfmenge in kg/h in Abhängigkeit von der Zeit graphisch dar.

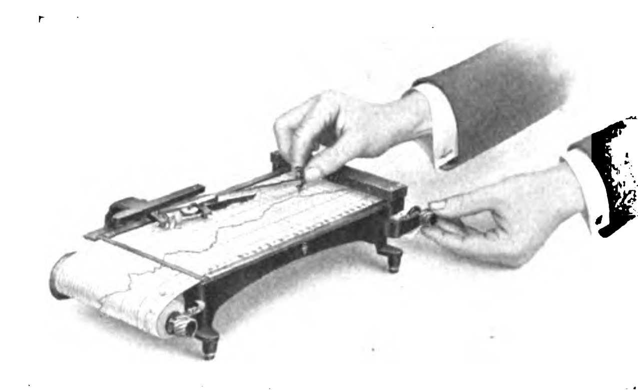


Bild 13. Handhabung des Spezialplanimeters.

Die Fläche zwischen Zeitordinate und Dampfkurve ist also ein Maß für die gesamte, während eines herausgegriffenen Zeitabschnitts durch das Venturirohr hindurchgeflossene Menge. Zum Ausmessen dieser Fläche bedient man sich eines Planimeters (Bild 13), das für den vorliegenden Zweck besonders handlich hergerichtet ist. Es besteht aus einem Tisch, über den mit Hilfe zweier Rollen der Registrierstreifen unter der Spitze des Planimeter-Fahrarms hinweggezogen wird.

Die Spitze ist auf der Kurve entlangzuführen, während die Zählrolle, je nach ihrer Stellung, schneller oder langsamer weiterläuft. Der Unterschied der Ablesungen am Anfang und am Ende gibt die Diagrammfläche in mm². Diese ist dann zur Feststellung der Dampfmenge mit der dem vorliegenden Registrierpapier eigenen Konstante zu multiplizieren.

Häufig wird es erforderlich, die Anzeige auf größere Entfernung zu übertragen. Während bei den vorbesprochenen Apparaten 200 m als größter Abstand zwischen Meßstelle und Anzeigeapparat gelten kann, ist bei elektrischer Fernübertragung diese Entfernung beliebig groß. Zudem ist es dann auf einfache Weise möglich, die durchgeflossenen Dampfmengen zu summieren, so daß das Auswerten der Kurven mit einem Planimeter entbehrlich wird.

Die Entwicklung der Einrichtungen zur Überwachung des Isolationszustandes von Gleich- und Wechselstromnetzen während des Betriebes

Von Ingenieur Molitor, Techn. Bureau Mannheim der SSW.

Die Überwachung des Isolationszustandes elektrischer Stromverteilungsanlagen ist, da ihre Betriebssicherheit in erster Linie von ihrem Isolationszustand abhängt, betriebstechnisch von größter Wichtigkeit. Werden laufend Isolationsprüfungen vorgenommen, so ist man in der Lage, auch schon im Entstehen begriffene Isolationsfehler festzustellen und recht-

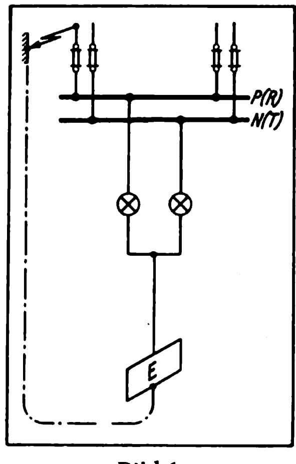


Bild 1.

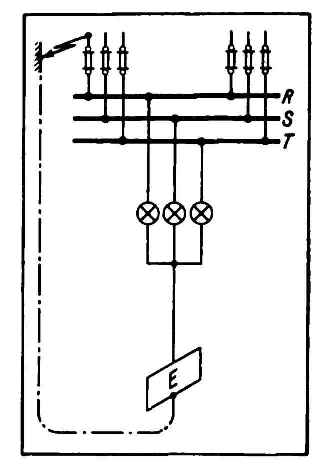


Bild 2.

zeitig zu beseitigen. Da es aus Betriebsrücksichten nicht immer möglich ist, zur Vornahme von Isolationsprüfungen die Stromverteilungsanlage oder Teile von ihr außer Betrieb zu setzen, wurden Einrichtungen geschaffen, mit denen derartige Prüfungen vorgenommen werden können, ohne daß damit Betriebsunterbrechungen verbunden sind. Nachstehend soll auf die Entwicklung derartiger Einrichtungen, und zwar insbesondere von solchen, die eine betriebsmäßige Überwachung der Stromverteilungsanlagen auf Isolationsfehler der einzelnen Leiter gegen Erde gestatten, näher eingegangen werden.

Eine der ältesten und gleichzeitig auch eine der einfachsten Einrichtungen zur Überwachung des Isolationszustandes einer in Betrieb befindlichen Anlage gegen Erde ist in Bild 1 für ein Gleichstrom-Zweileiter- bzw. Einphasen-Zweileiter- und in Bild 2 für ein Drehstromnetz dargestellt. Sie besteht darin, daß normale Glühlampen, die für die gleiche Spannung, die zwischen zwei Leitungen der Anlage herrscht, bemessen sind, mit je einem Leiter bzw. einer Phase der Anlage einerseits und mit einer gemeinsamen zur Erde führenden Leitung andererseits verbunden werden. Sind sämtliche Leitungen frei von Isolationsfehlern gegen Erde, so leuchten alle Lampen zwar nicht mit der ihrer Spannung entsprechenden Lichtstärke, jedoch gleich hell. Treten an einer der Leitungen Isolationsfehler auf, so nimmt die Helligkeit der an diese angeschlossenen Lampe ab, während gleichzeitig die Helligkeit der übrigen Lampen zunimmt.

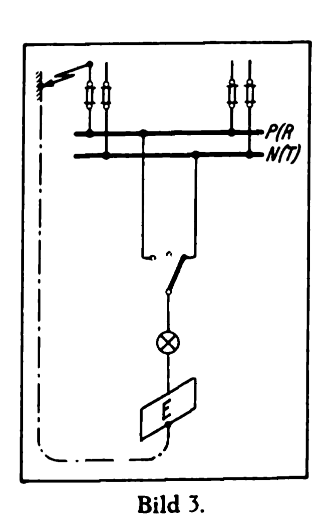


Bild 3.

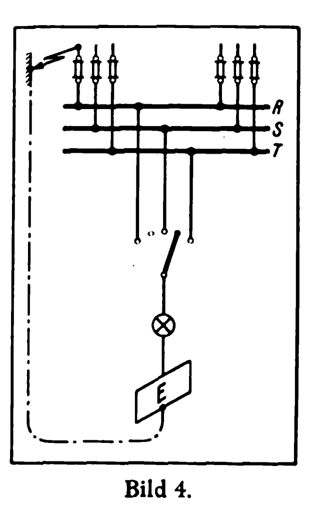


Bild 4.

Eine andere ähnliche wie die vorbeschriebene Isolationsprüfeinrichtung zeigen Bild 3 und 4. Bei dieser werden die einzelnen Leitungen bzw. Phasen mittels eines Umschalters über eine Glühlampe an Erde gelegt. In diesem Fall muß die Lampe ebenfalls für die gleiche Spannung bemessen sein, die zwischen den Leitungen der Anlage herrscht. Bei der Vornahme von Isolationsprüfungen mit der Einrichtung nach Bild 3 und 4 ist jedoch zu beachten, daß die Leitung, bei der die Lampe aufleuchtet, fehlerfrei ist und der Isolationsfehler sich stets in der Leitung befindet, bei der die Lampe nur schwach oder überhaupt nicht aufleuchtet. An Stelle der Glühlampe wurde vielfach auch eine Klingel verwendet, oder man hatte Einrichtungen gewählt, bei denen beides (Glühlampe und Klingel) vereinigt war. Der Erdschlußanzeiger, Modell Esa Bild 5, der von der Siemens & Halske A.-G. hergestellt wurde, stellt einen Apparat der zuletzt erwähnten Art dar. Er zeigte Isolationsfehler unter 2000 Ohm durch Klingelsignal, solche unter 1000 Ohm durch Aufleuchten einer Glühlampe an.

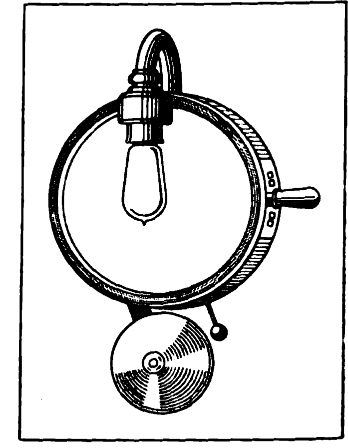


Bild 5.

Mit den bisher beschriebenen Isolationsprüfeinrichtungen war man zwar in der Lage, Isolationsfehler der einzelnen Leiter gegen Erde festzustellen und auch Schlüsse

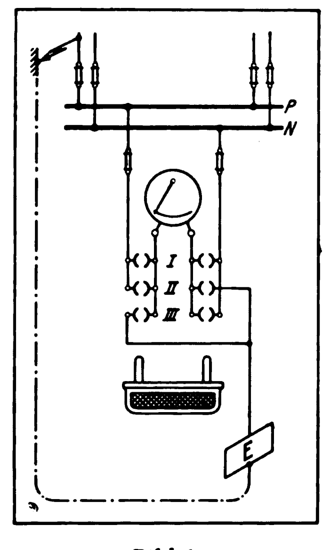


Bild 6.

über deren ungefähre Größe zu ziehen. Sie genügten aber nicht in den Fällen, wo man genauere Werte haben wollte. Um die zuletzt erwähnten Bedingungen zu erfüllen, wurden Einrichtungen gewählt, bei denen an Stelle der Glühlampen (Bild 3 und 4) ein Spannungsmesser verwendet wurde. Für Isolationsprüfeinrichtungen dieser Art sind besonders in Gleichstromanlagen alle Spannungsmesser in der allgemein üblichen Ausführung geeignet. Es hat sich aber als zweckmäßig erwiesen, hierfür besondere Instrumente, und zwar solche mit sehr hohem Eigenwiderstand und dadurch erreichter hoher Empfindlichkeit vorzusehen. Diese sogenannten Isolationsmesser werden vorwiegend mit Drehspul-Meßsystem ausgeführt und sind sowohl für Gleichstrom als auch für Wechselstrom verwendbar.

In Gleichstromanlagen wird die Isolationsprüfung mittels der Netzspannung vorgenommen, während in Wechselstrom- und Drehstromanlagen eine besondere Batterie als Stromquelle verwendet werden muß, so daß auch in letzterem Falle die Isolationsprüfung mittels Gleichstrom, der sich dem Wechselstrom überlagert, erfolgt. Um eine etwaige schädliche Wärmewirkung des Wechselstromes bei der Messung zu verhindern, wird eine Drosselspule vor das Instrument geschaltet, deren Widerstand in dieses mit eingeeicht ist. Außer der Voltskala, die meist so ausgeführt wird, daß sie um etwa 10 v. H. über die Gebrauchsspannung hinausgeht, werden die Isolationsmesser noch mit Ohm- oder Milliampereskala versehen. Vielfach haben sie noch einen einstellbaren magnetischen Nebenschluß erhalten, der gestattet, die Empfindlichkeit der Instrumente so einzustellen, daß die Ohm- bzw. Milliampereskala auch noch richtig ist, wenn die Netz- bzw. Meßspannung den bei der Eichung als normal angenommenen Wert um 8 v. H. unter- oder überschreitet. Die Ohmskala wird nach der Formel

$$Rx = R \cdot \left(\frac{E}{Ex} - 1\right)$$

und die Milliampereskala nach der Formel

$$Jx = \frac{E}{Rx_1}$$

bestimmt, wobei E die Netzspannung, Ex die am Instrument abgelesene Spannung, R der Widerstand des Instrumentes, der meistens auf dessen Skala angegeben ist, und Rx_1 der Isolationswiderstand bedeutet. Die von den Isolationsmessern angezeigten Werte in Ohm und Milliampere entsprechen daher dem Strom, der bei der Netzspannung zwischen der fehlerhaften und der gesunden Leitung fließen würde, wenn das Instrument nicht dazwischen geschaltet, die gesunde Leitung also direkt geerdet wäre.

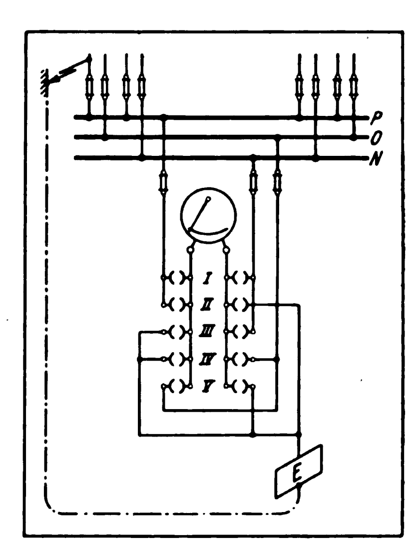


Bild 7.

Der Anschluß der vorerwähnten Isolationsmesser an die Sammelschienen einer Stromverteilungsanlage, sowie die bei der Isolationsprüfung vorzunehmenden Handgriffe sind aus Bild 6, 7 und 8 zu ersehen. Bild 6 zeigt eine Isolationsmeßeinrichtung für eine Gleichstrom-Zweileiteranlage, Bild 7 für eine Gleichstrom-Dreileiteranlage (ohne geerdeten Nulleiter) und Bild 8 für eine Drehstrom- oder Wechselstromanlage.

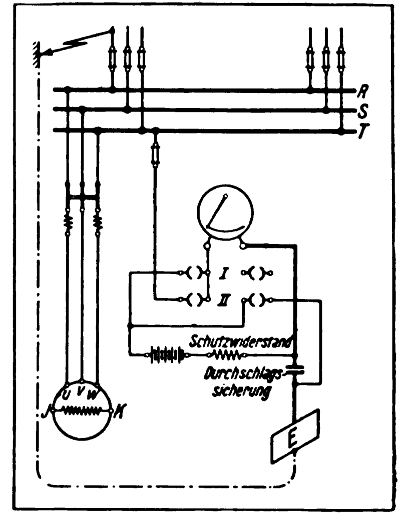


Bild 8.

Zeigen sich beim Anlegen des Isolationsmessers an die einzelnen Leitungen und Erde (Bild 6) keine merklichen Ausschläge, so ist die Isolation der Anlage

gut. Erhält man jedoch bei einer Messung einen größeren Ausschlag, so ist ein Isolationsfehler vorhanden, und zwar befindet sich der Fehler in der Leitung, an die das Instrument angelegt keinen merklichen Ausschlag zeigt. Ist nur eine Leitung mit einem Isolationsfehler behaftet, so kann die Größe des Isolationswiderstandes bzw. des ihn durchfließenden Stromes direkt an der Ohm- bzw. Milliampereskala abgelesen werden. Bei Isolationsfehlern in beiden Leitungen ist eine Ablesung des Isolationswiderstandes der einzelnen Leiter bzw. des ihn durchfließenden Stromes nicht möglich, weil in diesem Fall das Meßergebnis infolge der Parallelschaltung des Isolationsmessers mit dem Isolationswiderstand der einen oder anderen Leitung, je nachdem in welcher Stellung sich der Prüfstöpsel befindet, beeinflußt wird. Für diese Verhältnisse kann man den Isolationswiderstand der einzelnen Leiter und der gesamten Anlage gegen Erde aus einfachen Spannungsmessungen nach folgender Formel berechnen:

Bedeutet: E = Netzspannung,
E1 = Spannung des Plusleiters gegen Erde,
E2 = Spannung des Minusleiters gegen Erde,
R = Instrumentenwiderstand,

so ergeben sich folgende Isolationswiderstände:

Plusleiter gegen Erde: $R1 = R \cdot \left(\frac{E - E1}{E2} - 1\right)$ Ohm

Minusleiter gegen Erde: $R2 = R \cdot \left(\frac{E - E2}{E1} - 1\right)$ Ohm

Gesamte Anlage gegen Erde:

$$Rg = R \cdot \left(\frac{E}{E1 + E2} - 1\right) \text{ Ohm.}$$

Das obige Verfahren wird jedoch um so ungenauer, je mehr sich die Summe der beiden gegen Erde gemessenen Spannungen „E1“ und „E2“ der Gesamtspannung „E“ nähern, d. h. je geringer der Isolationswert der gesamten Anlage gegen Erde ist. Bemerkt sei noch, daß der resultierende Widerstand „Rg“ des gesamten Leitungsnetzes gegen Erde nicht etwa maßgebend ist für den Stromübergang über Erde von den unter Spannung stehenden Leitern. Hierfür kommt vielmehr R1 + R2 in Frage. Ohne Rechnung erhält man den Gesamtwiderstand der Anlage, wenn man die am Instrument abgelesenen Spannungen E1 und E2 addiert und den entsprechenden Widerstand für diese Gesamtspannung auf der Ohmskala des Isolationsmessers abliest.

Bei Gleichstrom-Dreileiter-Anlagen (Bild 7) wird die Isolationsprüfung in analoger Weise wie bei Zweileiter-Anlagen vorgenommen. Der Stöpselumschalter hat jedoch bei den Prüfeinrichtungen für zuerst genannte Anlagen zwei weitere Stellungen, um den Isolationsmesser auch an den Nulleiter und zwar sowohl für Stromrichtung Plus-Null, als auch Null-Minus anlegen zu können. Bei Gleichstrom-Dreileiter-Anlagen kann man mit dem Isolationsmesser nur die Gesamt-Isolation des Netzes und zwar nach obiger Formel bestimmen. Die in dieser Formel zur Berechnung des Isolationswiderstandes der einzelnen Leiter gegen Erde gemachten Angaben haben daher für Gleichstrom-Dreileiter-Anlagen keine Gültigkeit.

Die Prüfeinrichtung (Bild 8) für Dreh- und Wechselstromanlagen ermöglicht ebenfalls nur den Isolationszustand der gesamten Anlage, nicht aber denjenigen der einzelnen Leiter gegen Erde zu bestimmen. Der Isolationswert der Gesamtanlage kann in diesem Fall direkt an der Ohmskala des Isolationsmessers abgelesen werden. Hat das Instrument an Stelle der Ohmskala eine Milliampereskala, so läßt sich die Größe des Stromes feststellen, der durch die Fehlerstelle zur Erde fließt.

Isolationsmesser der vorbeschriebenen Art werden auch registrierend ausgeführt. Die Instrumente für Gleichstrom sind mit selbsttätiger Umschaltung versehen und zeichnen abwechselnd in Zwischenräumen von 15 Minuten den Widerstand der beiden Außenleiter auf. Die schreibenden Instrumente haben den großen Vorteil, daß man laufend ein genaues Bild über den Isolationszustand der Anlage, der sich bekanntlich sehr häufig mit der Witterung ändert, erhält und daß auch vorübergehende Störungen aufgezeichnet werden.

In neuzeitlichen Drehstromanlagen werden jedoch Isolationsmeßeinrichtungen, wie sie bisher beschrieben wurden, nur noch äußerst selten verwendet. Meistens findet man jetzt in derartigen Anlagen Isolationsprüfeinrichtungen, bestehend aus drei Spannungsmessern in der üblichen Ausführung, die wie in Bild 9 und 10 angegeben, an die Sammelschienen der Verteilungsanlage angeschlossen werden. Bei guter

Isolation zeigt jedes der Instrumente die Sternspannung an. (Gleiche Ausschläge.) Erhält eine der Leitungen Erdschluß, so geht der an ihr liegende Spannungszeiger auf Null zurück, während die beiden anderen volle verkettete Spannung zeigen. Kleinere Isolationsfehler geben mehr oder weniger große Ungleichheiten der Zeigerausschläge. Eine Schaltung des Dreispannungsmesser-Verfahrens, bei der gleichzeitig die Instrumente auch zum Messen der Netzspannung verwendet werden können, und bei der entgegen Bild 10 auch der Sternpunkt der Sekundärseite des Spannungswandlers geerdet und mit dem Sternpunkt der Instrumente verbunden ist, zeigt Bild 11. Vielfach wird, wie in Bild 11 punktiert angedeutet, eine Wechselstromhupe in die vom Nullpunkt der Spannungszeiger zur Erde führende Leitung gelegt, um zu erreichen, daß sich möglicherweise auftretende Isolationsfehler durch Ertönen der Hupe bemerkbar machen. Erwähnt sei, daß die Tonstärke der Hupe von der Größe des bei auftretenden Isolationsfehlern durch diese fließenden Ausgleichsstromes abhängig ist und die volle Tonstärke der Hupe erst bei direkten Erdschlüssen erreicht wird. Bei kleinen Isolationsfehlern wird daher das Hupensignal nur bei besonderer Aufmerksamkeit und, wenn Maschinengeräusche, wie dies in Zentralen der Fall ist, vorhanden sind, überhaupt nicht zu hören sein, so daß Signaleinrichtungen dieser Art ihren

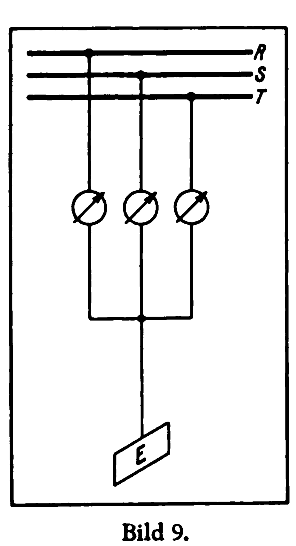


Bild 9.

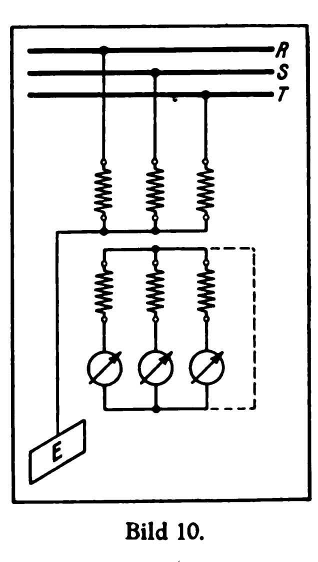


Bild 10.

Zweck verfehlen. Außerdem sei noch daraufhingewiesen, daß in Anlagen mit Doppelsammelschienen, oder bei denen die Zentralenleitung mit Rücksicht auf den hohen Kurzschlußstrom unterteilt ist, und in denen daher jeder Sammelschienensatz sowie jede Zentralenabteilung eine Isolationsprüfeinrichtung nach dem Dreispannungsmesser-Verfahren hat, jede derartige Einrichtung eine Hupe erhalten müßte, so daß eine Ansammlung von Hupen entstehen würde, die besonders mit Rücksicht auf die übrigen außerdem in der Anlage befindlichen akustischen Meldeeinrichtungen sehr unerwünscht sein wird. Der gemeinsame Zusammenschluß aller von dem Nullpunkt der Spannungsmesser abgehenden Leitungen in der Absicht, mit nur einer Hupe auszukommen, ist zwecklos, weil in diesem Fall der Stromausgleich nicht über die Hupe, sondern über die Spannungszeiger und Sekundärwicklungen der Spannungswandler der übrigen Prüfeinrichtungen erfolgt, so daß die Hupe nicht in Tätigkeit treten kann (Bild 12).

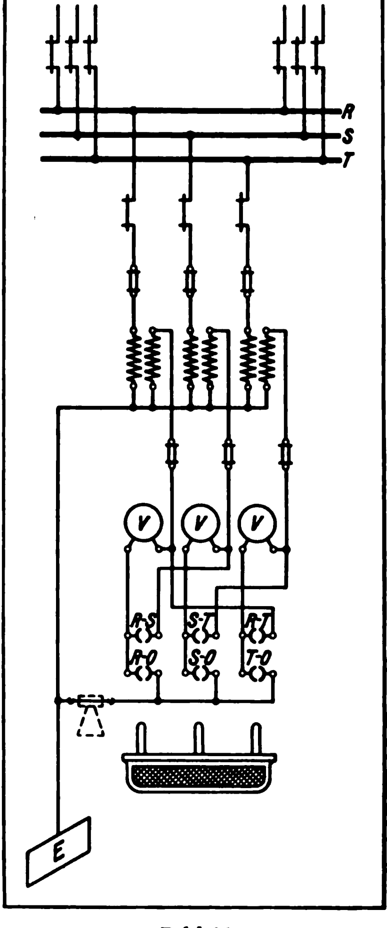


Bild 11.

Alle die vorerwähnten Nachteile werden bei der in Bild 13 dargestellten Prüfeinrichtung, die sich in der Praxis bereits sehr gut bewährt hat, vermieden. Sie hat außer der größten Einfachheit noch den weiteren Vorteil, daß die Hupe auch schon bei geringen Isolationsfehlern mit ihrer vollen Lautstärke ertönt, und daß Kontaktinstrumente jeder Art und damit besonders empfindliche Kontakte, die leicht zu Störungen Anlaß geben, vermieden sind. Außerdem arbeitet die Einrichtung ohne jede besondere Einstellung,

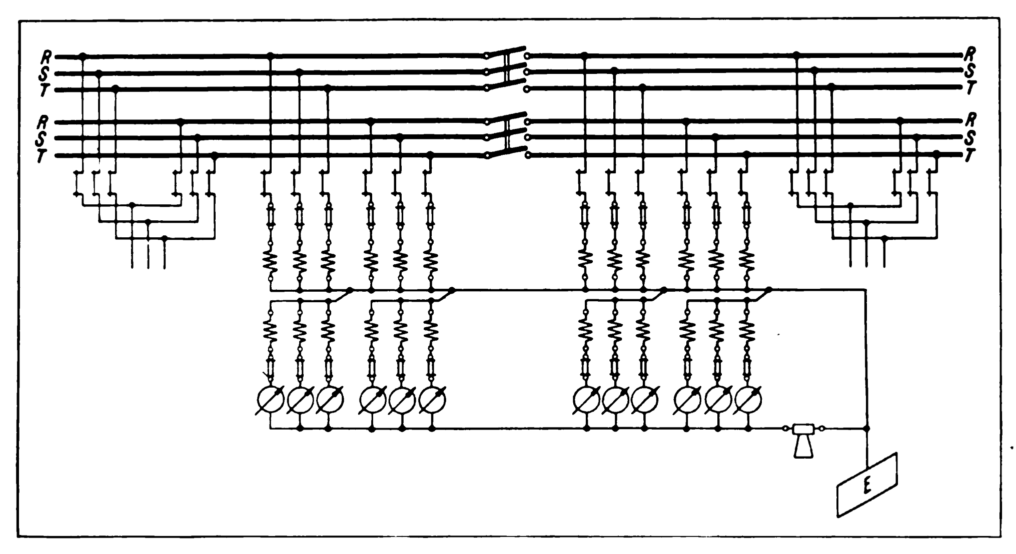


Bild 12.

sie ist also nicht abhängig von einem bestimmten Minimal- oder Maximalwert. Bei der vorerwähnten Prüfeinrichtung wird an Stelle der in Bild 11 angedeuteten Hupe ein besonders empfindliches Relais mit Schleppanker Bild 14 verwendet. Dieses Relais, das hier als Erdstromrelais bezeichnet werden soll, hat die Eigenschaft, daß es schon bei verhältnismäßig geringen Isolationsfehlern gegen Erde anspricht und trotzdem aber den höchsten bei einem direkten Erdschluß auftretenden Ausgleichstrom, ohne Schaden zu nehmen, längere Zeit aushalten kann. Wird die Wicklung des Erdstromrelais von dem bei dem Isolationsfehler auftretenden Ausgleichstrom durchflossen, so zieht es seinen Anker an, schließt den Hupenstromkreis und bringt so die Hupe zum Ertönen. Um ein dauerndes Ertönen der Hupe zu vermeiden, ist ein Drehschalter vorgesehen, mit dem die Relaiswicklung kurzgeschlossen werden kann, was zur Folge hat, daß der Relaisanker abfällt und den Hupenstromkreis unterbricht. Eine Meldelampe zeigt an, in welcher Stellung sich der Drehschalter befindet. Sie ist erloschen, wenn die Relaiswicklung kurzgeschlossen, und leuchtet auf, wenn deren Kurzschluß aufgehoben ist, d. h. wenn sich die Meldeeinrichtung wieder in betriebsmäßigem Zustande befindet. Der Schaltanlagenwärter kann sich daher zu jeder Zeit davon überzeugen, ob die Meldeeinrichtung eingeschaltet ist oder nicht.

Bei der Prüfeinrichtung (Bild 13) ist zu beachten, daß infolge der Vorschaltung des Erdstromrelais im Falle eines Isolationsfehlers gegen Erde die Instrumentenangaben etwas beeinflußt werden. Durch das Kurzschließen der Wicklung vorerwähnten Relais mittels des Drehschalters hat man es jedoch in der Hand, den durch die Relaiswicklungen verursachten Meß-

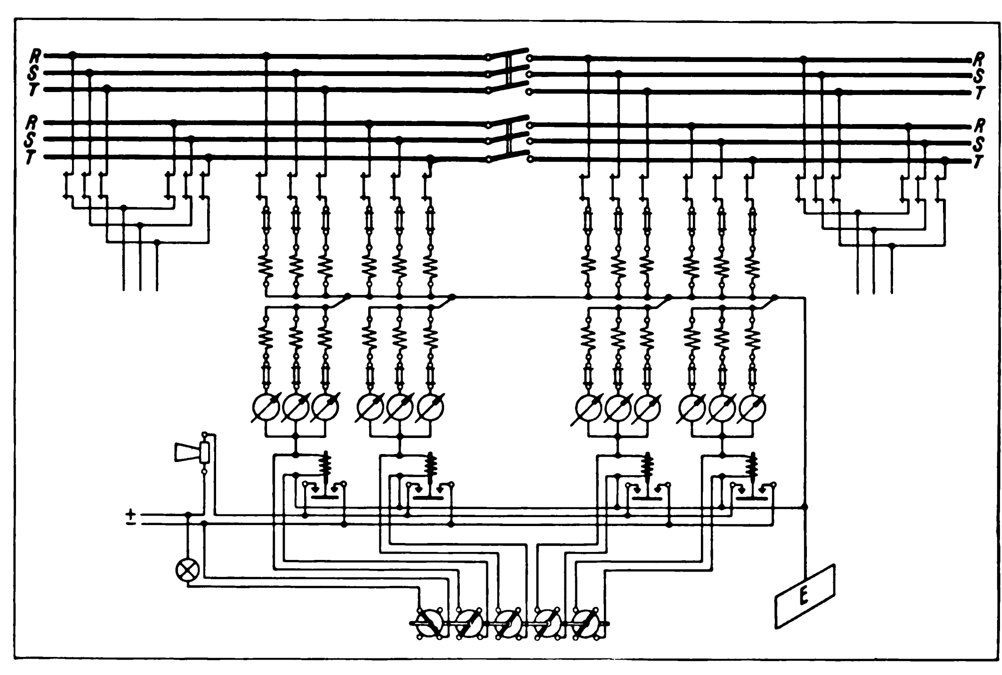


Bild 13.

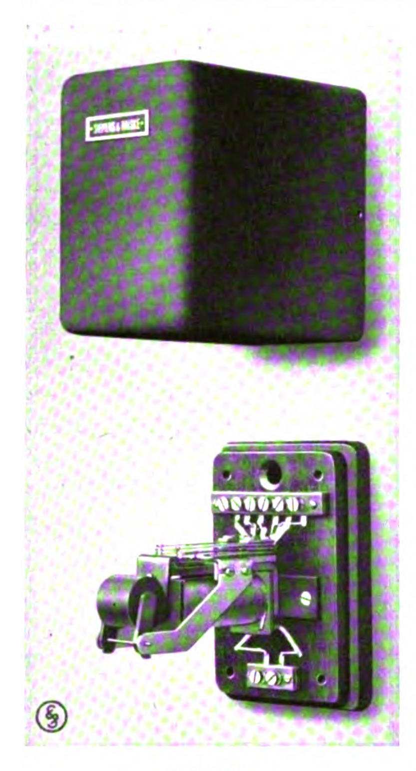


Bild 14.

fehler zu beseitigen und richtige Instrumentenangaben zu erhalten. Wenn man den kleinen durch die Vorschaltung des Relais verursachten Fehler in Kauf nimmt, so kann man die Meldeeinrichtung auch nach Bild 15 schalten. Bei dieser Schaltung wird lediglich der Signalstromkreis unterbrochen bzw. geschlossen, während ein Kurzschließen der Relaiswicklung bzw. eine Korrektur der Instrumentenangaben nicht möglich ist.

In Anlagen, die etwa nach Bild 16 ausgeführt sind, ist es möglich, mit Hilfe der oben beschriebenen Isolationsmeßeinrichtung die mit Isolationsfehlern behaftete abgehende Leitung ohne Betriebsunterbrechung zu finden, vorausgesetzt natürlich, daß die abgehenden Leitungen nicht irgendwo in leitender Verbindung miteinanderstehen, also jede abgehende Leitung einen Bezirk für sich speist. Bei der Feststellung, in welcher Leitung sich der Isolationsfehler befindet, muß man zunächst den zweiten Transformator auf das zweite Sammelschienensystem schalten, sodann sind die abgehenden Leitungen nacheinander von Sammelschienensystem 1 auf Sammelschienensystem 2 umzulegen, indem zuerst die Trennschalter von Sammelschienensystem 2 geschlossen und diejenigen von System 1 geöffnet werden. Das Umlegen geschieht so lange, bis die Spannungszeiger der Isolationsmeßeinrichtung von System 1 wieder gleiche Ausschläge zeigen und sich der Isolationsfehler bei der Isolationsmeßeinrichtung von System 2 bemerkbar macht. Bei Isolationsmeßeinrichtungen nach dem Dreispannungsmesser-Verfahren für Anlagen der vorbeschriebenen Art muß jedoch der Anschluß des Drehschalters, wie in Bild 17 dargestellt, geändert werden.

Außerdem ist noch eine weitere Meldelampe notwendig, um feststellen zu können, von welchem Sammelschienensystem die Meldeeinrichtung in Betrieb ist. Ferner wird durch Anschluß des Drehschalters nach Bild 17 erreicht, daß zum Aufsuchen der fehlerhaften Leitung nur ein Mann notwendig ist. Man braucht nur die Drehschalter so zu stellen, daß die Wicklung des Erdstromrelais von System 1, das zuerst den Isolationsfehler gemeldet hatte, kurzgeschlossen, und diejenige des in System 2 befindlichen Relais geöffnet ist und das Umlegen der abgehenden Leitungen so lange vorzunehmen, bis die Hupe abermals ertönt. Bei Nichtbenutzung des Hupensignals wären zwei Mann notwendig, von denen der eine die Instrumente beobachten müßte, während der andere die Trennschalter umlegt.

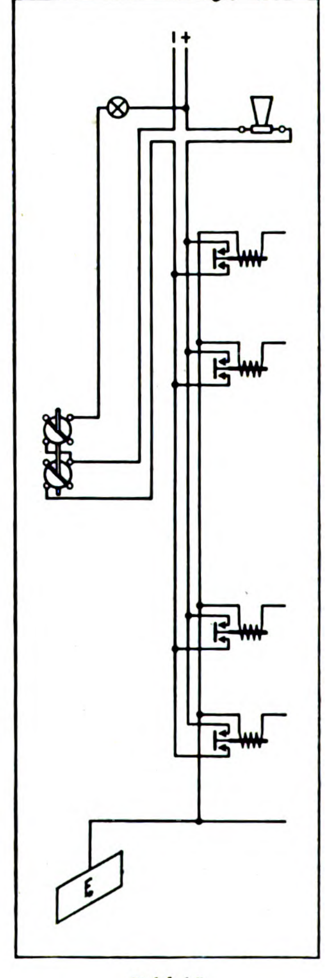


Bild 15.

An Stelle der direkten Betätigung der Hupe durch das Erdstromrelais kann auch eine indirekte Betätigung mittels eines Fallklappentableaus gewählt werden. In diesem Falle würde auch die Hupe bei vorübergehend auftretenden Isolationsfehlern gegen Erde ansprechen und so lange ertönen, bis das Bedienungspersonal darauf aufmerksam wird und die Fallklappe in ihre Anfangsstellung zurückbringt. Bei unmittelbarer Betätigung der Hupe würden vorübergehende Fehler, weil ja die Hupe nur so lange ertönt, als diese bestehen, unter Umständen unbemerkt bleiben.

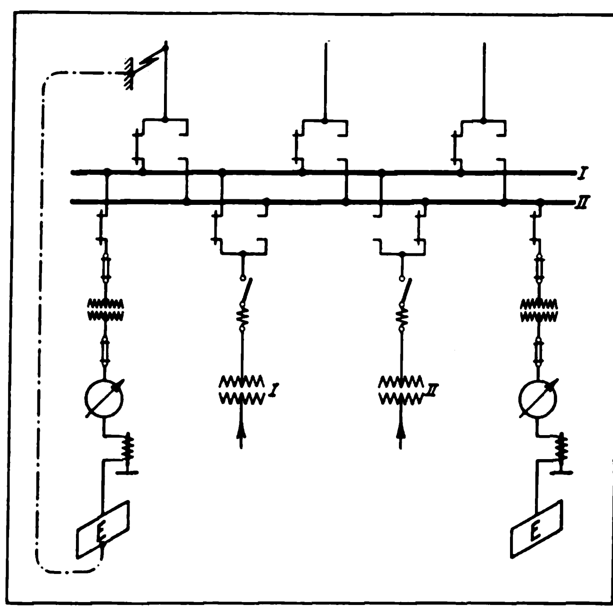


Bild 16.

Für Drehstromverteilungsanlagen mit direkt geerdetem Nullpunkt (Drehstrom-Vierleiter-Anlagen) ist die Isolationsprüfeinrichtung, Bild 13

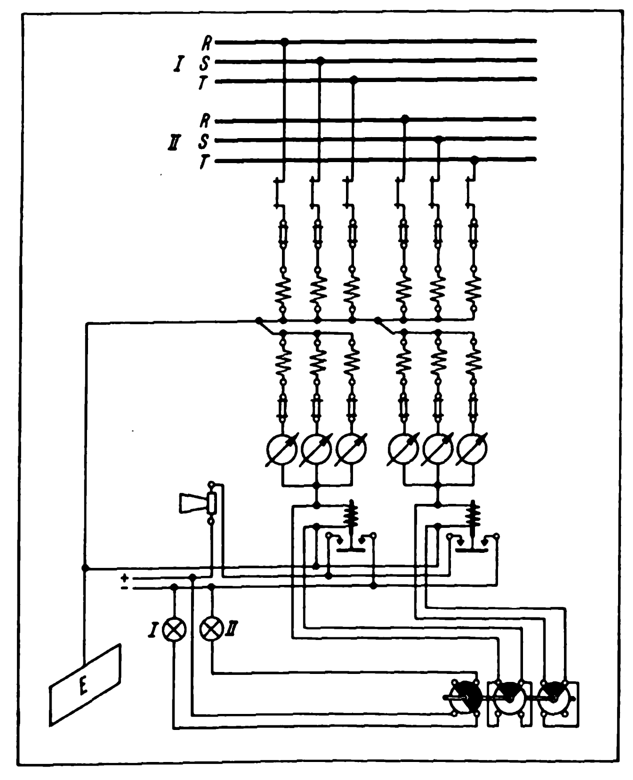


Bild 17.

und 17, ebenfalls sehr vorteilhaft, weil durch sie infolge ihrer großen Empfindlichkeit Isolationsfehler schon bei ihrer Entstehung und nicht erst dann bemerkt werden, wenn sie bereits einen Wert erreicht haben, der zum Abschmelzen der Sicherungen bzw. zum Ausschalten der Maximalstromschalter führt. Bei Anwendung des Dreispannungsmesser-Verfahrens für die Isolationsprüfung in Anlagen mit geerdetem Nullpunkt ist jedoch zu beachten, daß bei einem Isolationsfehler einer Leitung gegen Erde die Spannungsmesser der gesunden Leitung nach wie vor die Sternspannung zeigen, während das Instrument in der fehlerhaften Leitung die Spannung Null oder nahezu Null zeigt.

Erwähnt sei noch, daß die Spannungsmesser für derartige Isolationsprüfeinrichtungen von Siemens & Halske A.-G. schon seit einiger Zeit mit Strommesserkern geliefert werden, wodurch sich eine Skala ergibt, die ungefähr bis $^4/_5$ des Meßbereiches stark auseinandergezogen ist, so daß sich die Zeiger der Instrumente, die normalerweise nur die Sternspannung anzeigen, nahezu auf ihren Endwert einstellen. Dadurch wird erreicht, daß sich schon bei kleinen Isolationsfehlern gegen Erde große Unterschiede in den Ausschlägen der drei Instrumente ergeben. Man ist daher in der Lage, an den Instrumenten sofort zu erkennen, ob es sich um einen Fehler in der Stromverteilungsanlage handelt, oder ob die Differenzen der Zeigerausschläge mit etwaigen Ungenauigkeiten der Instrumente zusammenhängen, so daß Täuschungen dieser Art nahezu ausgeschlossen sind. Die Ausführung der Instrumente mit Strommesserkern ist besonders dort vorteilhaft, wo die Erdstromrelais (Bild 14) nicht eingebaut sind, weil man in diesem Fall lediglich auf die Instrumentenangabe angewiesen ist. In Anlagen mit derartigen Relais haben dagegen die Angaben der Instrumente nicht die große Bedeutung wie in zuerst genanntem Fall, weil die empfindlichen Relais den Fehler ohne Rücksicht auf die Instrumentenangabe sofort melden.

Bei den bisher beschriebenen Isolationsmeßeinrichtungen nach dem Dreispannungsmesserverfahren wurden entweder direkt zeigende oder schreibende Schalttafelinstrumente (letztere können nicht mit Strommesserkern geliefert werden) für Ein- oder Aufbau auf die Schalttafel für direkten oder indirekten Anschluß mittels Spannungswandler verwendet. Für derartige Prüfeinrichtungen lassen sich jedoch auch, besonders in

Hochspannungsanlagen, unter Umständen in Verbindung mit Vorschaltkondensatoren, elektrostatische Voltmeter verwenden, vor die man Graphitwiderstände mit sehr hoher Ohmzahl schaltet, um Kurzschlüsse bei etwaigen Überschlägen an den Instrumenten zu verhüten. Eine derartige Einrichtung zeigen Bild 18 und 19. Da jedoch die Herstellung elektrostatischer Instrumente für sehr hohe Spannungen Schwierigkeiten bereitet und andererseits Meßwandler für derartige Spannungen sehr teuer sind und einen verhältnismäßig großen Raum für ihre Unterbringung beanspruchen, benutzt man neuerdings in Anlagen von 50000 V an aufwärts den Ladestrom von Kondensatordurchführungen zur Isolationsprüfung[1]).

Die Schaltung einer Isolationsprüfeinrichtung, bei der der Ladestrom von Kondensatordurchführungen zur Messung benutzt wird, zeigen Bild 20 und 21.

Bemerkt sei noch, daß die Angaben der drei Instrumente bei Isolationsprüfeinrichtungen nach dem Dreispannungsmesserverfahren, sofern alle abgehenden Leitungen abgetrennt sind, die Schaltanlage also allein mit den Stromerzeugern bzw. Transformatoren geprüft werden soll, durch die Verschiedenheit der Kapazität der einzelnen Phasen der Schaltanlage gegen Erde und, wenn die Instrumente statt an die Sekundärwicklungen von Spannungswandlern an diejenigen von Erdungsdrosselspulen angeschlossen sind, noch durch die verschiedenen Induktivitäten der letzteren infolge unsymmetrischer Anordnung ihrer Schenkel beeinflußt werden können. In diesem Falle werden also die Instrumente ebenfalls ungleich ausschlagen, ohne daß ein Isolationsfehler in der Schaltanlage vorhanden ist. Die ungleichen Ausschläge verschwinden aber, sobald bei eingeschaltetem Netz die beispielsweise durch Ver-

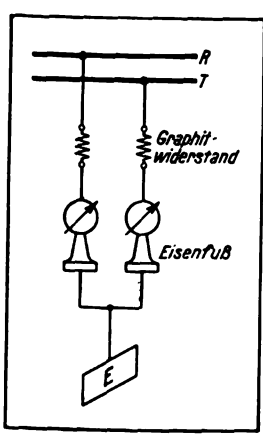


Bild 18.

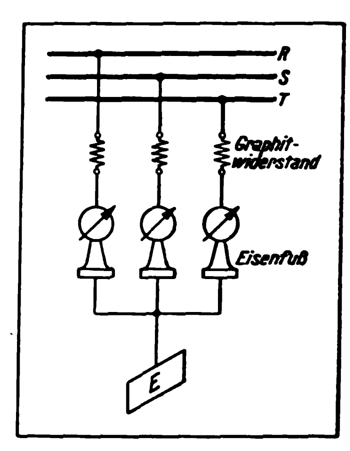


Bild 19.

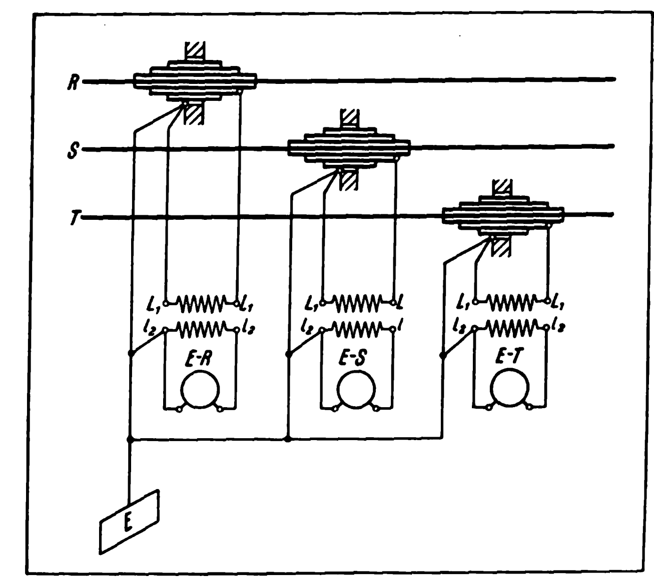


Bild 20.

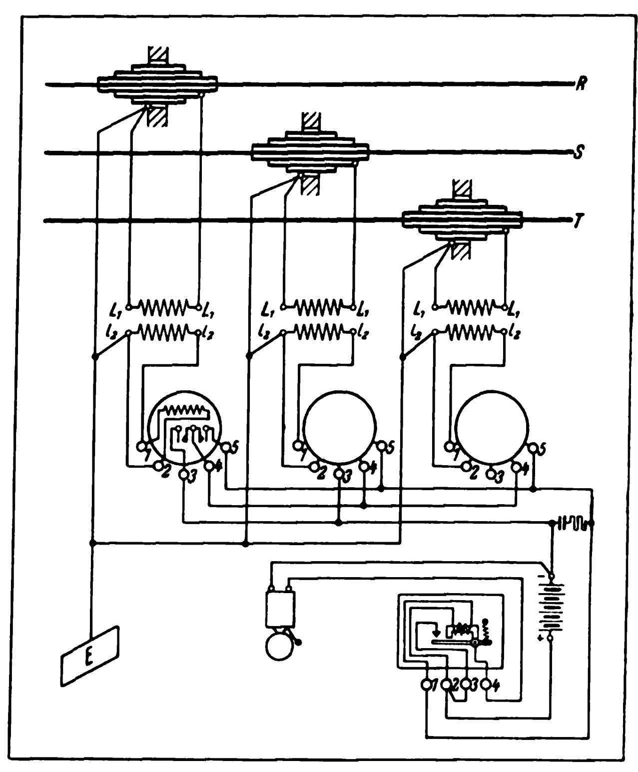


Bild 21.

[1]) Siemens-Zeitschrift 1922, S. 606–614.

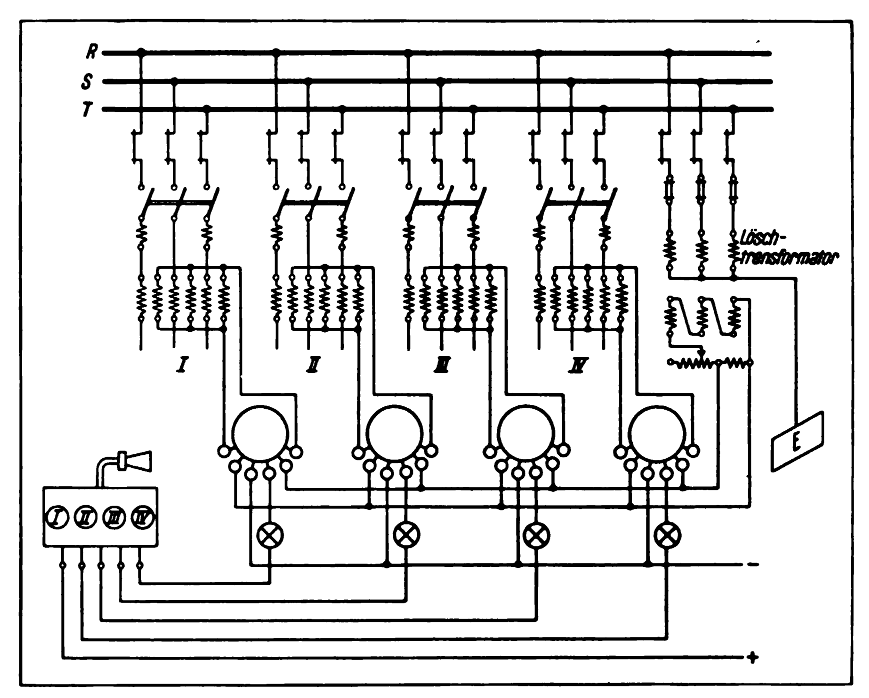


Bild 22.

drillung der Freileitungen abgeglichenen Kapazitäten überwiegen.

Mit allen Isolationsprüfeinrichtungen, von denen bisher die Rede war, ist es nur in beschränktem Umfang möglich, die fehlerhafte Leitung ohne Betriebsunterbrechung herauszufinden. Außerdem kann eine selbsttätige Abschaltung der mit einem Isolationsfehler behafteten Leitung mit derartigen Einrichtungen nicht erfolgen. Eine Einrichtung, mit der es nicht nur möglich ist, die fehlerhafte Leitung sofort zu erkennen, sondern sie auch abzuschalten, ist in Bild 22 dargestellt[1]). Bei dieser Einrichtung werden die Sekundärwicklungen der in jeder der drei Phasen einer Leitung liegenden Stromwandler parallelgeschaltet und an die Sternpunkte der Wandler die Stromwicklung eines sogenannten Erdschlußrelais angeschlossen. Als Spannung für das letztere muß die Nullpunktsverschiebung des ganzen Systems gegen Erde gewählt werden. Diese Spannung kann das Erdschlußrelais von irgendeinem Nullpunktspannungswandler, der Sekundärwicklung einer Erdungsdrosselspule oder dgl. erhalten. In normalem Betrieb sind beide Wicklungen des Erdstromrelais stromlos. Erst wenn ein Isolationsfehler gegen Erde eintritt, werden Strom- und Spannungsspule vom Strom durchflossen und bringen das Erdschlußrelais zum Ansprechen. Es meldet dann akustisch oder optisch den Fehler bzw. schaltet erforderlichenfalls die fehlerhafte Leitung ab, wenn es auf den Auslöser des Ölschalters dieser Leitung wirkt.

Bei einer anderen verschiedentlich angewendeten Isolationsprüfeinrichtung zum selektiven Abschalten einer mit einem Isolationsfehler gegen Erde behafteten Leitung werden an Stelle der drei parallelgeschalteten Stromwandler besonders konstruierte Wandler, bestehend aus einem lamellierten Eisenring mit einer Sekundärwicklung, der um das Kabel gelegt wird, so daß seine drei Adern als Primärwicklung dienen, verwendet.

An die Sekundärwicklung dieses Wandlers wird die Stromspule des Erdschlußrelais angeschlossen. Solange die geometrische Summe der Ströme in den drei Adern des Kabels (Primärwicklung) = Null ist, führt der Ring keinen magnetischen Fluß, und in der Sekundärwicklung wird keine Spannung induziert. Letzteres ist erst der Fall, wenn die Stromsumme nicht mehr Null ist, d. h. wenn ein Erdschlußstrom durch die Leitung fließt. Die Wirkungsweise dieser Einrichtung ist also im allgemeinen genau dieselbe wie diejenige in Bild 22, jedoch hat die erstere so wesentliche Nachteile, daß man sie nicht gern anwendet.

Diese Nachteile bestehen insbesondere darin, daß die Kabelendverschlüsse nicht mit erfaßt werden und die Eisenbewehrung des Kabels als magnetischer Nebenschluß zum Eisenring wirkt. Dadurch wird der magnetische Fluß in diesem, der, da er durch eine primäre Amperewindungszahl entsprechend der Stromstärke im Kabel erzeugt werden muß, ohnehin nicht bedeutend ist, noch schwächer und dadurch die an sich schon geringe Wandlerleistung noch weiter herabgesetzt.

[1]) Siemens-Zeitschrift 1923, Seite 469—481 und 1922, Seite 213—225.

Kurzschlußfeste Strommesser zum Einbau in Hochspannungsleitungen

Von Dr.-Ing. Georg Keinath.

In Hochspannungsanlagen werden heute Strommessungen vorwiegend unter Verwendung von Stromwandlern ausgeführt. Diese haben die Eigenschaft, den Strom auf eine der Messung bequem zugängliche Größe zu vermindern, in der Regel auf 5 A. Instrumente für diese Stromstärke sind wesentlich genauer als solche für mehrere hundert Ampere, wie man sie früher verwendet hat und die in hohem Maße der Beeinflussung durch die Lage der Zuleitungen und durch Fremdfelder ausgesetzt sind. Der Hauptzweck der Stromwandler ist aber, die Hochspannung von den Instrumenten fernzuhalten.

Die Durchbildung solcher Wandler ist der Industrie in den verschiedensten Formen gelungen. Es ist heute möglich, die Transformierung noch bei Betriebsspannungen von 220 kV für beliebige Stromstärken mit einer Genauigkeit von 0,5 v. H. mit so hoher Spannungssicherheit auszuführen, daß eine Prüfspannung von 450 kV festgelegt werden kann. Diese Meßwandler mit hoher Isolation verwendet man überall dort, wo die Meßgeräte der zufälligen Berührung ausgesetzt, also wo sie in Schalttafeln eingebaut sind, oder wenn man Versuchsmessungen ausführt und mit einer Berührung der Meßleitungen rechnen muß. Derartige Wandler werden natürlich bei hohen Spannungen teuer, und man verwendet sie nur dort, wo es unbedingt notwendig ist.

Die Meinungen darüber, ob ein Wandler nötig ist oder nicht, gehen aber noch etwas auseinander. Beispielsweise werden noch sehr oft Strommesser unmittelbar in die Zuführungen von Ölschaltern in solcher Höhe eingebaut, daß es eben noch möglich ist, die Skala abzulesen. Man glaubt schon etwas Besonderes zu tun, wenn man Spezialgehäuse mit verrundeten Kanten verwendet, um das Sprühen bei hohen Spannungen zu vermeiden.

Die wenigsten Erbauer solcher Anlagen wissen aber, welche gefährlichen Instrumente sie damit in die Anlage hineingebracht haben. Das Gehäuse eines modernen Instrumentes umschließt das gesamte Meßwerk so vollständig, daß nur die Klemmen sichtbar sind und der Käufer vor allem nicht sieht, welche geringen Querschnitte zur Herstellung der Spulen verwendet werden und verwendet werden müssen. Mit Rücksicht auf die geringen Abmessungen der Feldspulen normaler Dreheisen-Instrumente ist es unmöglich, die Feldspule mit den normalen Leitungsquerschnitten zu wickeln. Es muß vielmehr eine starke Einschnürung des Querschnittes erfolgen, und deshalb wird hier bei Überströmen zuerst eine starke Erwärmung auftreten, die zu einer Erhitzung der Spule führt; weil damit der Widerstand steigt, wird die Spule immer heißer, so daß sie zuletzt unter Bildung eines großen Lichtbogens durchbrennt, der unter Umständen auf die anderen Phasen übertritt und Phasenkurzschluß herbeiführt. Das besonders Ungünstige dabei ist, daß sich die Spule infolge ihrer geringen Wärmekapazität schon nach wenigen Sekunden stark erwärmt. In Bild 1 ist die Erwärmung eines Strommessers für 200 A mit einer Stromdichte von 5 A/mm² und die eines normalen Stromwandlers für die gleiche Stromstärke und mit einer Stromdichte von 2 A/mm² bei 10- und 20fachem Überstrom, abhängig von der Zeit, dargestellt. Jeder der Apparate wird bei lang

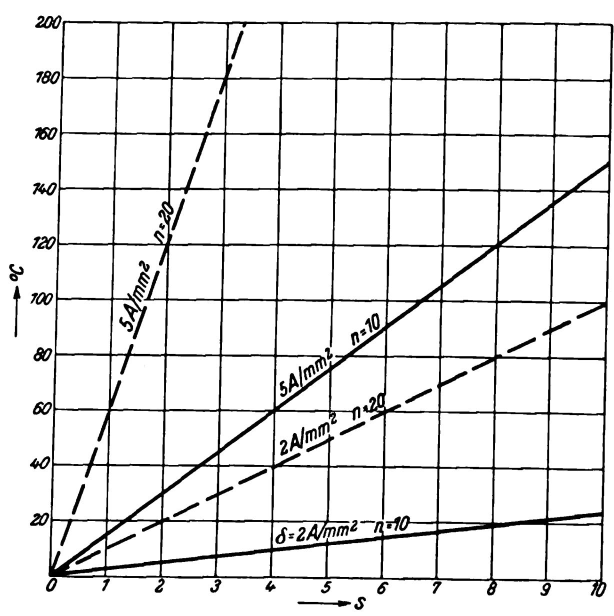


Bild 1. Übertemperatur von Wicklungen in Abhängigkeit von Überlastungszeit und Stromdichte für Stromwandler und Dreheiseninstrumente. Die Stromdichten gelten für den Nennstrom.

andauernder Überlastung zerstört werden; der gewaltige Unterschied besteht aber darin, daß der Stromwandler erst nach 10 s eine Übertemperatur

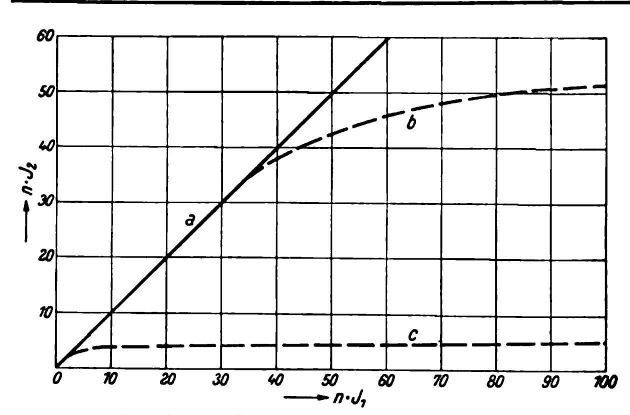


Bild 2. Charakteristik von Stromwandlern bei Überstrom.
a) Ringkern-Stromwandler mit 300 mm langem Kern,
b) Schenkelkern-Stromwandler, 1200 kW-Type,
c) Ringkern-Stromwandler mit 10 mm langem Kern.

von 100° C erreicht, während das bei dem Strommesser schon nach 1,6 s der Fall ist. Schließt man nun einen Strommesser für 5 A an einen gewöhnlichen Stromwandler an, so wird bei einem lang anhaltenden Überstrom zuerst der Strommesser zerstört werden und der Stromwandler dadurch sekundär geöffnet. Damit ist zwar die Unterbrechung der Hauptleitung vermieden worden, die Überlastung ist aber nicht ganz ohne Schaden vorübergegangen.

Jeder Schaden läßt sich nun vermeiden, wenn man eine Sondertype von Stromwandlern verwendet, die beim Ansteigen des Primärstromes auf einen mehrfachen Betrag des normalen Wertes den Sekundärstrom nicht mehr so weit ansteigen

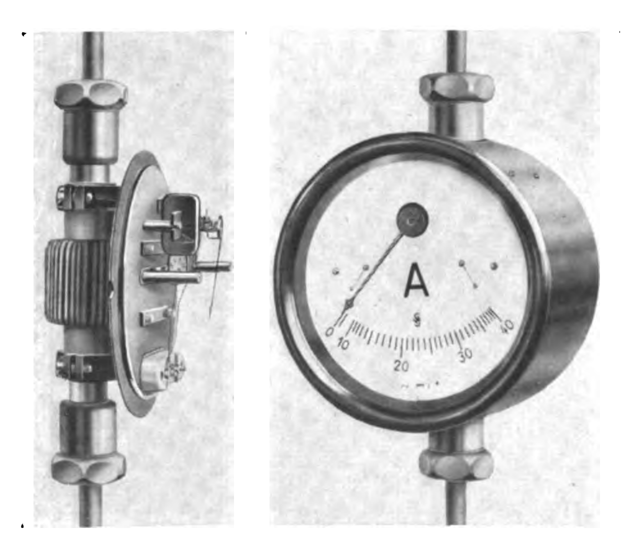


Bild 3. Kurzschlußfester Strommessser zum Einbau in Hochspannungsleitungen.

läßt. Dies ist dadurch möglich, daß man dem Stromwandler einen hohen magnetischen Widerstand gibt, also einen kleinen Eisenquerschnitt. Bild 2 zeigt die Charakteristik dreier verschiedener Wandler mit großem und kleinem magnetischen Widerstand in Abhängigkeit von der Überlastung. a und c sind Wandler mit gleichem Übersetzungsverhältnis und gleicher Bauart, Ringkern-Stromwandler. Die Eisenkernlängen sind aber in einem Falle 300 mm, im anderen nur 10 mm. Wie man sieht, nimmt der Sekundärstrom nicht mehr zu als bis zum dreifachen Nennwert.

Ein solcher Stab-Stromwandler in Verbindung mit einem Strommesser gewöhnlicher Bauart ist deshalb in thermischer Hinsicht als kurzschlußfest anzusehen. Gegenüber den gewöhnlichen Stromwandlern ist aber auch noch die **dynamische** Kurzschlußfestigkeit der Einleiterwandler zu erwähnen, weil auf den geraden Primärleiter keinerlei Kräfte wirken, auch nicht bei hohen Strömen. Dies haben auch die Versuche gezeigt, die von Siemens & Halske mit solchen Stromwandlern ausgeführt wurden. Ein 300 A-Wandler wurde mit einem Stoß-Kurzschlußstrom von 114000 A belastet, ohne daß dabei weder primär noch sekundär der geringste Schaden verursacht worden wäre.

Es ist nun möglich, die vorzüglichen Eigenschaften eines solchen Stromwandlers zu erhalten, ohne daß man die großen, teuren Isolierorgane nötig hat. Es genügt, wenn man Wandler und Instrument vereinigt, beide auf die gleiche Spannung bringt und in die Leitung einfügt. Bild 3 zeigt eine solche Neukonstruktion von Siemens & Halske, einen vollkommen kurzschlußfesten Strommesser mit angebautem Gehäuse, das den Stromwandler enthält. Das Instrument wird für Nennstromstärken von 15, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 300, 500 A ausgeführt und erhält eine Skalenverlängerung bis zum doppelten Betrage des Nennstromes. Das Verhalten des Stromwandlers bei Überstrom geht aus Bild 4 hervor. Die Gefahr des Durchbrennens der Primärleitung ist vollkommen vermieden. Der Wandler kann über die normale Primärleitung gezogen werden, ohne daß man die Leitung aufzuschneiden braucht. Das gleiche Instrument läßt sich sowohl für senkrechte als auch für wagerechte Leitungen verwenden; man braucht nur im Sockel zwei Schrauben umzusetzen, die den Stromwandler mit dem Gehäuse vereinigen.

Für die Betriebssicherheit unserer elektrischen Anlagen ist es dringend notwendig, die ge-

wöhnlichen Strommesser, die noch an vielen Stellen eingebaut sind, zu entfernen und durch dynamisch und thermisch kurzschlußfeste Apparate der beschriebenen Bauart zu ersetzen. Das Durchbrennen eines unmittelbar in die Leitung eingebauten Anzeige-Instruments bei einem kräftigen Überstrom richtet, wie leider die Erfahrung in einigen Fällen gezeigt hat, so schwere Verheerungen an, daß dadurch Kosten von einem Vielfachen der durch die Neubeschaffung der Instrumente nötigen Mittel entstehen.

Zusammenfassung: Es wird auf die Gefahren des Einbaues gewöhnlicher Strommesser in Hochspannungsleitungen aufmerksam gemacht und eine Konstruktion beschrieben, die vom Standpunkt der Sicherheit einwandfrei ist. Der Strommesser wird bei dieser Konstruktion über einen kleinen Stromwandler angeschlossen, der seiner Bauart nach kurzschlußfest ist und die Eigenschaft hat, daß er gleichzeitig die dynamische und thermische Überlastung des Strommessers verhindert.

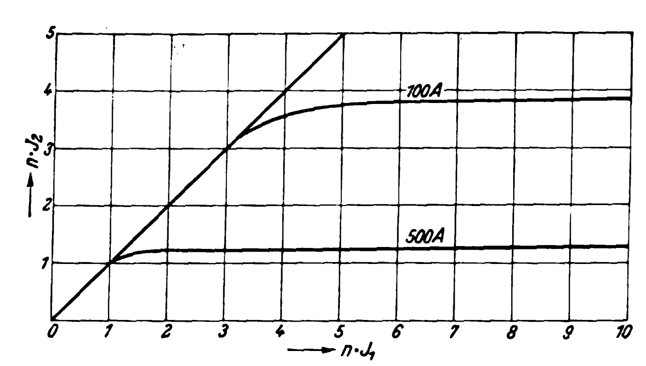


Bild 4. Kurzschlußfeste Strommesser für 100 und 500 A. Verhalten bei Überstrom.

Mikroskopische Beobachtung von Öldurchschlägen[1]

Von Dr.-Ing. e. h. E. Oelschläger, Charlottenburger Werk der SSW.

Einleitung. Es ist bekannt, daß die Durchschlagsspannung von Transformatorölen in hohem Maße von dem Feuchtigkeitsgehalt des Öls abhängig ist, daß aber außerdem auch noch die Reinheit des Öls eine ausschlaggebende Rolle spielt. Unter den Verunreinigungen machen sich im wesentlichen kleine Fasern bemerkbar, die auf irgendeine Weise in das Öl gelangt sind, sei es, daß sie zurückgeblieben sind beim Reinigen der Behälter mit faserigen Lappen, oder daß sie aus den in der Luft fliegenden Staubteilen stammen.

Anordnung. Zum Zwecke des Studiums dieser Vorgänge wurde ein mit zwei Elektroden versehener kleiner Öltrog gebaut, in solchen Abmessungen, daß er unter das Mikroskop gebracht werden konnte. Er war hergestellt aus Zellonplättchen von 1 mm Stärke in den Abmessungen 7×15 mm Grundfläche und 15 mm Höhe, mit einem Ölinhalt von $1^1/_2$ cm³. Um die Optik nicht zu stören, war für die Vorderseite des Troges Zellon von 0,1 mm Stärke verwendet. In die schmalen Seitenwände waren zwei dünne Kupferdrähte eingekittet, an die als Elektroden zwei kleine Kugeln von etwa 1 mm Durchmesser angeschmolzen waren. Ihr Abstand betrug 0,25 mm. Dieser Trog wurde gut isoliert an die senkrecht gestellte Tischplatte des umgelegten geerdeten Mikroskops geklemmt. Zur Beobachtung diente das Zeißsche Objektiv A und das Okular 2 mit 50facher Vergrößerung. Manchmal wurde auch, um das Bild mehreren Personen gleichzeitig zeigen zu können, das Okular weggelassen und das Bild bei 100facher Vergrößerung auf einen Schirm geworfen unter entsprechend starker Beleuchtung von der Rückseite her.

Um bei einem Durchschlag des Öls den Trog nicht zu zerstören und nicht die geringe Ölmenge zu schwärzen, wurde der Funkenstrecke ein Wasserwiderstand von etwa 100000 Ohm vorgeschaltet.

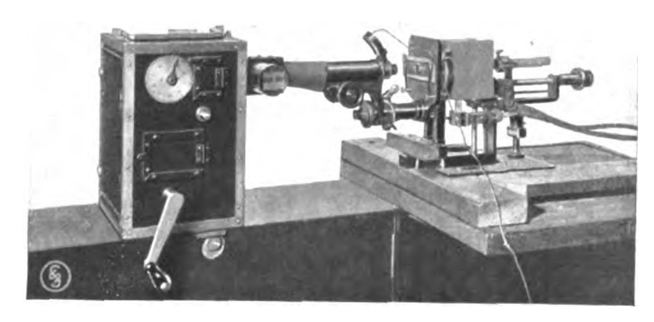


Bild 1. Aufbau des Mikroskopes mit dem Kinoapparat zur Photographie der Öldurchschläge.

Zu den Versuchen wurde teils ausgekochtes, teils wasserhaltiges Öl verwendet.

[1]) Vgl. Friese, Über Durchschlagfestigkeit von Isolierölen. Wissenschaftliche Veröffentlichung des Siemens-Konzerns. I. Band, 2. Heft, S. 41.

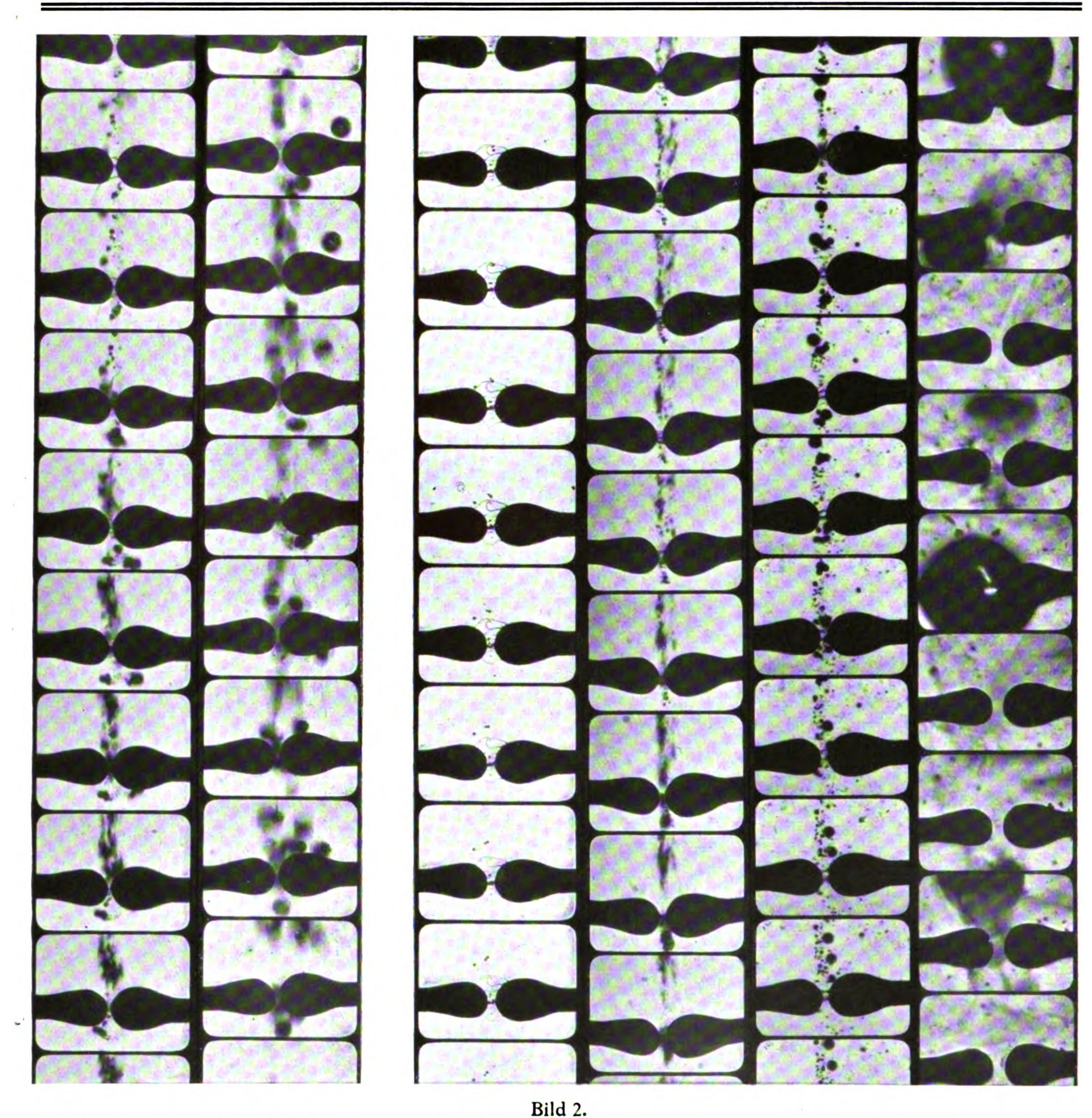


Bild 2.

a) 1500 V, 50 Per. trockenes Öl. b) 4000 V, 50 Per. trockenes Öl. c) 300 V, Gleichstrom, feuchtes Öl. d) 1500 V, 50 Per. feuchtes Öl. e) 2000 V, 50 Per. feuchtes Öl. f) 5000 V, 50 Per. feuchtes Öl.

Beobachtung. Legt man an die Elektroden eine kleine Wechselspannung an und geht dann langsam in die Höhe, so zeigt sich bei trocknem Öl schon bei 140 V bzw. bei 6 kV/cm eine Bewegung im Öl. Feine, darin schwimmende Fasern werden zwischen die Elektroden gezogen. Dort liegen sie zunächst still. Mit steigender Spannung kommen neue Fasern dazu, die anfangs ebenfalls ruhig liegen, dagegen mit höherer Spannung (etwa 1000 V oder 50 kV/cm) in Bewegung geraten; sie tanzen lebhaft in der Gegend der engsten Stelle zwischen den Elektroden herum. Im Laufe der Zeit sammeln sich immer mehr Fasern an, die schließlich ein dickes Bündel bilden, das zeitweise unbeweglich zwischen den Elektroden liegenbleibt, manchmal auch wieder in die lebhafteste Bewegung gerät. Erfolgt nun ein Durchschlag, so wird dieses Faserbündel aus-

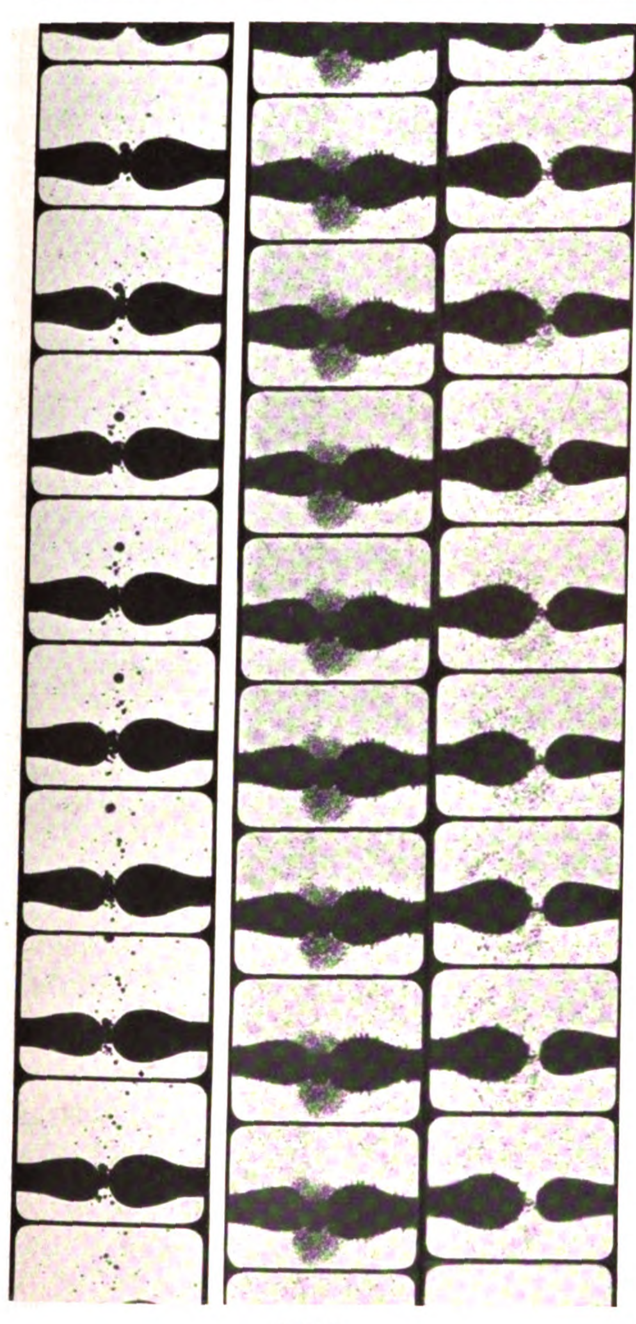


Bild 2.
g) 600 V, Gleichstrom, feuchtes Öl. h) 700 V, 50 Per. i) Gleichstrom (Bärlappsamen eingestreut).

einandergesprengt. Gleichzeitig tritt eine Wolke von Gasblasen auf, die nach allen Seiten auseinanderstieben und schließlich nach oben entweichen. Nach jedem Durchschlag finden sich allmählich wieder Fasern an den Elektroden ein, und der Tanz beginnt von neuem. Die Überschläge treten in trockenem Öl bei Spannungen von 3000 bis 4000 V, also 140 bis 180 kV/cm ein, unter Bildung eines hell leuchtenden gelben Funkens.

Ist das Öl feucht, so werden die Fasern leitend. Dies zeigt sich daran, daß aus den Fasern, sobald sie in das elektrostatische Feld kommen, infolge des Stromdurchgangs kleine Bläschen ausgetrieben werden, die wohl nur aus Wasserdampf bestehen können. Gleichzeitig ist ein leichtes Knacken hörbar, und man sieht bei abgeschalteter Beleuchtungslampe längs der Fasern ein schwaches bläuliches Leuchten. Bleiben solche feuchte Fasern längere Zeit zwischen den Elektroden liegen, so wird das Wasser aus ihnen ausgetrieben, und die Erscheinungen gehen über in die obenbeschriebenen für trockenes Öl. Diese Stromübergänge beginnen schon bei 400 V oder 18 kV/cm. Bei 1000 bis 1500 V oder 45 bis 70 kV/cm sieht man ab und zu leichte Überschläge, durch die die Bläschen weggetrieben werden.

Erst bei etwa 2000 bis 2500 V oder 90 bis 120 kV/cm erfolgen kräftige Überschläge, die das Feld von allen Unreinheiten säubern.

Bei Wiederholung der Versuche zeigen sich immer wieder andere Bilder, bald überwiegt mehr die Bewegung der Fasern, bald überwiegen die Durchschläge oder die Blasenbildung.

Durch Filtrieren des Öls über Glaswolle konnte wohl die Anzahl der Fasern vermindert werden, es gelang aber nicht, sie völlig zu beseitigen.

Die bisher beschriebenen Beobachtungen beziehen sich alle auf Wechselstrom von 50 Per. Bei Gleichstrom, der leider nur bis zu 1000 V zur Verfügung stand, sind die Erscheinungen, soweit sie die Bewegung der Fasern betreffen, dieselben. Außerdem zeigt sich häufig, daß einzelne Bläschen zunächst langsam zwischen den Elektroden hin und her pendeln, indem sie einen Bogen beschreiben, der etwa den Feldlinien entspricht. Manchmal wandern diese Bläschen während ihrer Hin- und Herbewegung allmählich nach der engsten Stelle des Feldes. Mit zunehmender Spannung gehen diese Bewegungen immer rascher vor sich. Außer diesen Vorgängen waren noch Wirbelbewegungen des Öls zu beobachten, derart, daß neben dem stärksten Feld, über und unter ihm, das Öl in kreisende Bewegung kommt in dem Sinn, daß neben dem dichtesten Feld die Drehung von der Kathode gegen die Anode zu erfolgt, dagegen im größeren Abstand in umgekehrtem Sinn.

Um diese Bewegungen deutlicher sichtbar zu machen, wurde etwas Bärlappsamen (Durchmesser = 0,02 mm) in das Öl gestreut. Diese Körnchen wandern z. T. ebenso wie die Blasen zwischen den Elektroden hin und her, andere sammeln sich auf den Elektroden, und zwar besonders stark auf der Kathode. Manchmal kann man auch beobachten, daß ein Körnchen plötzlich auf seiner Wanderung stehenbleibt, umkehrt und zur Ausgangselektrode zurückkehrt. Außerdem ist noch eine ständige Strömung in der Richtung von der Kathode zur Anode vorhanden.

Wechselt man plötzlich die Polarität, so geht mit einem Ruck ein großer Schwarm Körnchen von der vorherigen Kathode weg und lagert sich auf der neuen Kathode; dann stellen sich allmählich die oben beschriebenen Bewegungen wieder ein.

Bei Wechselstrom ist für dieselbe Spannung das Bild viel ruhiger. Die Bärlappkörnchen sammeln sich im wesentlichen an der engsten Stelle und bilden eine immer dicker werdende Brücke, in der nur kleine ruckweise Bewegungen zu sehen sind. Erst mit höherer Spannung gerät diese Brücke in lebhafte brodelnde Bewegung. Tritt ein Stromübergang auf, so werden alle Körnchen weggeschleudert, sie sammeln sich und kehren wieder zu den Elektroden zurück. Manche Körnchen schwingen so schnell hin und her, daß sie wie ein langes Band erscheinen; nach kurzer Zeit, etwa einer Sekunde, werden die Schwingungen kleiner, sie hören ganz auf, und das Körnchen zeigt sich wieder in seiner gewöhnlichen Form.

Inwieweit die reine Ölbewegung durch die Bewegungen der Körnchen wiedergegeben wird, und wieviel davon von Eigenbewegung herrührt, dürfte schwer zu entscheiden sein.

Um die hier beschriebenen Erscheinungen einem größeren Kreis vorführen zu können, wurden sie kinematographisch aufgenommen. Den Aufbau dazu zeigt Bild 1. Links steht der Aufnahmeapparat, der lichtdicht mit dem Tubus des in der Mitte stehenden Mikroskops verbunden ist. Rechts befindet sich die Beleuchtungslampe, eine von Hand geregelte Bogenlampe. Der kleine Öltrog ist im Bild schwer zu erkennen, weil er aus dem durchsichtigen Zellon hergestellt ist. Zwischen dem Aufnahmeapparat und dem Mikroskop ist noch ein umlegbarer Spiegel eingebaut, durch den das Bild auf eine kleine Mattscheibe geworfen werden kann (im Bild dicht neben dem Aufnahmeapparat sichtbar), um sich vor Beginn einer Aufnahme davon zu überzeugen, ob sich eben in der Funkenstrecke zur Aufnahme geeignete Vorgänge abspielen.

Zur Aufnahme ist das Objektiv a_2 von Zeiß verwendet, ohne Okular, und so eingestellt, daß das Bild auf dem Film in sechsfacher Vergrößerung erscheint.

Zu bemerken ist, sowohl zu den kinematographischen Aufnahmen wie zur direkten Beobachtung, daß nur die Vorgänge deutlich zu sehen sind, die sich in der Bildebene des Objektivs, also in der Vertikalebene durch die Achse der Elektroden, abspielen. Alles andere, was davor oder dahinter liegt, erscheint mehr oder weniger unscharf oder ist ganz unsichtbar.

Einige Ausschnitte aus dem Film sind in Bild 2a bis i in natürlicher Größe wiedergegeben, also in sechsfacher Größe der Natur. Die zeitliche Reihenfolge der Aufnahmen geht von oben nach unten.

Bild 2a zeigt das Verhalten in trockenem Öl bei 1500 V Wechselstrom. Auf den oberen Bildern sind deutlich die Fasern zu sehen und zugleich die Entstehung von Blasen, die nach unten zu stärker werden.

Bild 2b gilt für dasselbe Öl bei 4000 V und kräftiger Entwicklung von Gasblasen.

Die Bilder 2c bis f zeigen die Vorgänge in feuchtem Öl bei Wechselstrom. In 2c ist zu sehen, wie schon bei 300 V die Fäden in das Feld hereingezogen werden; von den dichten Fasern an der engsten Stelle lösen sich einige Dampfblasen los, die hochsteigen.

In 2d und e wird bei 1500 bis 2000 V die Blasenentwicklung zusehends stärker, bis in Bild 2f kräftige Überschläge entstehen, bei 5000 V. Im mittleren dieser Bilder geht eben ein hell leuchtender Lichtbogen über. Das Feld zwischen den Elektroden ist frei von Fasern, sie sind durch die Überschläge verjagt worden.

Das Verhalten bei Gleichstrom von 600 V zeigt Bild 2g, es unterscheidet sich nicht von dem bei Wechselstrom.

In den folgenden Bildern ist die Bewegung des Öls durch Einstreuen von Bärlappsamen sichtbar gemacht.

Bei 700 V Wechselstrom (Bild 2h), ballen sich die Körnchen zu einem dichten unruhigen Knäuel zwischen den Elektroden (oberstes Bild). Nach dem Abschalten der Spannung sinken die Körnchen allmählich zu Boden.

Ganz im Gegensatz dazu sammeln sich bei Gleichstrom die Körnchen im wesentlichen auf der einen Elektrode an und wandern beim Polwechsel auf die andere Elektrode, wie Bild 2i zeigt.

Bild 3 gibt ein besonders kennzeichnendes Bild der Fasern in etwa 25facher Vergrößerung wieder.

Die vorliegenden Aufnahmen sind vor $4^1/_2$ Jahren hergestellt, aber aus bestimmten Gründen bisher nicht veröffentlicht worden. Inzwischen wurden die mikroskopischen Beobachtungen in etwas anderer Anordnung wiederholt, an fließendem Öl. Dabei hat sich gezeigt, daß die Vorgänge im wesentlichen dieselben sind, wie oben beschrieben.

Zusammenfassung. Als Ergebnis kann ausgesprochen werden, daß die Durchschlagfestigkeit von Öl stark beeinflußt wird durch mikroskopisch kleine Verunreinigungen, Fasern, die im Öl schwimmen, und durch das elektrostatische Feld an die Pole herangezogen werden. Diese

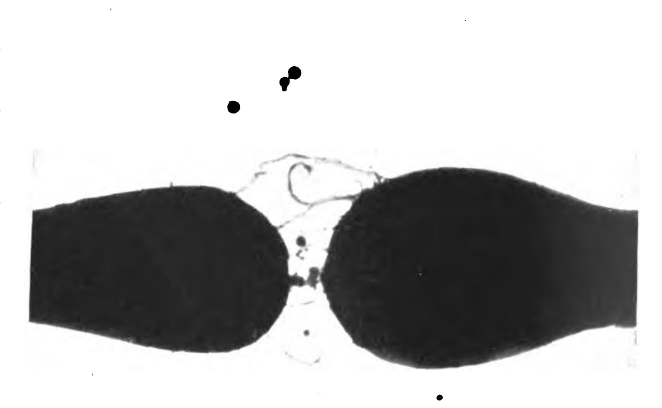


Bild 3. Feuchtes Öl, 300 V Gleichstrom.

Fasern wirken besonders dann ungünstig, wenn das Öl feucht ist, weil die Feuchtigkeit in die Fasern eindringt, und dadurch leitende Brücken gebildet werden.

Derartige Beobachtungen sind auch schon von anderer Seite veröffentlicht worden[1]); hingegen darf die kinematographische Verfolgung der Vorgänge wohl als neu bezeichnet werden.

[1]) Electrician, 18. März 1921. Mc.Laughin.
Archiv, 10. März 1924. Schröter.
Archiv, 7. Juli 1924. Sorge.

Von Siemens & Halske ausgeführte selbsttätige Streckenblockanlagen

Selbsttätige Zwischensignale auf der Hamburger Hochbahn 1914.

Von Dr.-Ing. Arndt, Blockwerk der S. & H. A.-G.

Vor Kriegsbeginn führte die Siemens & Halske A.-G. eine aus mehreren selbsttätigen Signalen bestehende Anlage auf den Ringstrecken der Hamburger Hochbahn zwischen den Bahnhöfen Dehnhaide und Barmbeck aus. Die Entfernung zwischen den Bahnsteigmitten der beiden Bahnhöfe beträgt nach dem Strecken- und Signalplan, Bild 1, rund 1140 m. Hierbei waren die mittleren Zugfolgezeiten der handbedienten Signale, das sind die Zeiten, in denen die Züge aufeinander folgen dürfen, verhältnismäßig groß. Sie betrugen nach eingehenden Messungen in beiden Fahrrichtungen für die Ausfahrsignale C in Dehnhaide und B C in Barmbeck durchschnittlich 100 Sekunden. Um in den verkehrsreichen Morgen- und Abendstunden die Züge nach Bedarf in dichterem Abstande folgen lassen zu können, wurden zwischen den Signalen C und $A^1/_2$ der Fahrrichtung Außenring, sowie zwischen BC und D des Innenringes besondere Zwischensignale ZA und ZB eingebaut, die es ermöglichten, die Zugfolgezeit der Ausfahrsignale um fast eine halbe Minute herabzusetzen.

Die Zwischensignale und die benachbarten Ausfahrsignale der beiden Bahnhöfe wurden als vollständig und teilweise selbsttätige ausgebildet und mit den handbedienten Streckenblockeinrichtungen der übrigen vorhandenen Signale in Verbindung gebracht. Der Übergang von der handbedienten Streckenblockung zur selbsttätigen und von dieser wieder zur handbedienten konnte in einfacher Weise durchgebildet werden, nachdem die betreffenden Blockstromkreise umgeschaltet und die als Gemeinschaftstasten ausgebildeten Blocktasten geändert waren.

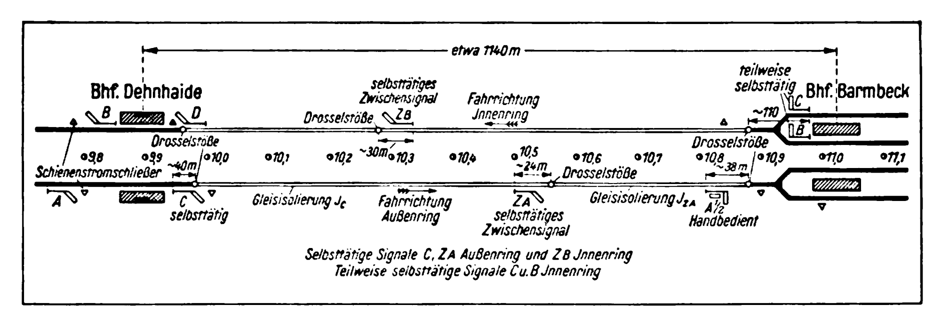


Bild 1. Strecken- und Signalplan zwischen Dehnhaide und Barmbeck.

In der Fahrrichtung Außenring (Bild 1) blockt der Wärter einen in Dehnhaide auf Signal A eingefahrenen Zug wie üblich durch Niederdrücken der Taste der zugehörigen Blockfelder des Blockwerkes. Hierdurch wird das eigene Signal A in bekannter Weise unter Blockverschluß gelegt und das in der Fahrrichtung zurückliegende, im Signalplan nicht mehr dargestellte Signal in die Fahrstellung gebracht. Fährt aber der Zug mit Signal C aus der Haltestelle Dehnhaide und hat er mit seinem Schluß das Signal überfahren, so blockt nunmehr der Wärter das Signal C durch die zugehörigen Blockfelder in einer von der Regelform abweichenden Weise. Das eine der Blockfelder, das Anfangsfeld, ist von der Gemeinschaftstaste losgekuppelt und wird nicht mitbedient, so daß bei der Blockung durch das Endfeld nur das zurückliegende Einfahrsignal A in die Fahrstellung kommt, während die übliche Festlegung des Signals C und die Blockvormeldung nach Barmbeck entbehrlich werden. Damit endigt hier die handbediente Streckenblockung, und sie geht für die Signale C und ZA in die selbsttätige über, wobei der Zug in bekannter Weise ihre an die zugehörigen isolierten Blockstrecken J_C und J_{ZA} angeschlossenen Blockrelais nacheinander betätigt.

Die Blockung des Einfahrsignals $A^1/_2$ ist wieder handbedient, und sie geschieht anschließend in der üblichen Weise durch den dortigen Stellwerkwärter. Der Handblock beginnt damit von neuem. Hier ist aber das Endfeld von der gemeinschaftlichen Taste losgekuppelt, und beim Blocken wird nur das der Einfahrt A_1 oder A_2 entsprechende Anfangsfeld vom Wärter niedergedrückt.

Für die Signale der Fahrrichtung Innenring folgen die handbediente und selbsttätige Streckenblockung ebenso aufeinander, wie vorher beschrieben. Der auf Signal B oder C Barmbeck von einem der beiden Bahnsteiggleise in die Strecke fahrende Zug wird mit losgekuppeltem Anfangsfelde geblockt. An die hier so endigende handbediente Streckenblockung schließt die selbsttätige des Zwischensignals ZB an.

Die Signale B, C sind im Vergleich zu ZB nur teilweise selbsttätig. Das erklärt sich dadurch, daß zur Fahrstellung jedes der beiden Ausfahrsignale wegen der Weichen-Plus- oder Minuslage auch noch das Mitwirken des Wärters im Stellwerk notwendig ist. Alle die genannten Signale sind im übrigen mit den gleichen selbsttätigen Einrichtungen zum Überwachen und Stellen versehen wie die der anderen Fahrrichtung. Mit dem handbedienten Signal D in Dehnhaide wird mit losgekuppeltem Endfelde die Sicherung des Zuges wieder vom normalen Handblock übernommen und weitergeführt.

Innerhalb der selbsttätigen Blockstrecken melden sich die Züge durch besondere Meldeeinrichtungen üblicher Art, sogenannte Spiegelfelder, den Stell- werk- oder Blockwärtern vor und ersetzen so die übliche Blockfeldvormeldung. Spiegelfelder sind kleine Elektromagnete, deren Anker eine Farbscheibe bewegen.

Die Strombelieferung.

Der Blockstrom ist einphasiger Wechselstrom von 130 V und 50 Perioden. Er wird in Dehnhaide in einem umlaufenden Umformer erzeugt, dessen Antriebsmotor an die Gleichstrom von 800 V führende Bahnstromschiene angeschlossen ist. Der Umformersatz ist während der ganzen Betriebszeit eingeschaltet. Das Einschalten bei Betriebsbeginn und das Ausschalten nach Betriebsschluß erfolgt über die Stromschiene selbsttätig. Diese Anordnung wurde gewählt, um Bedienstete zum Ein- und Ausschalten zu ersparen.

Der Blockstrom wird gekabelt die Strecken entlanggeführt und an vier Speisestellen durch geeignete Blocktransformatoren auf die erforderliche Spannung umgeformt. Der Gesamtverbrauch an Blockstrom ist bescheiden: für den Betrieb

der Relais in den isolierten Blockstrecken genügen rund 300 VA.

Die Gleisisolierung.

Die Blockstrecken zwischen den beiden Bahnhöfen sind in ihrer ganzen Ausdehnung isoliert. Den Einbau der Isolierstöße und die Anordnung der in Heft 12 auf Seite 526 der Siemens-Zeitschrift 1923 beschriebenen Drosselstöße verdeutlicht Bild 2. Die Isolierstöße hemmen zwar den Durchgang der durch die vier Fahrschienen f1—f4 fließenden, durch Doppelpfeile gekennzeichneten Triebströme. Zu ihrer Weiterleitung über alle vier Fahrschienen der beiden Gleise sind indessen in Zusammenhang mit den Drosselstößen geeignete Verbindungsleitungen v und d genügend großen Querschnittes zwischen die beiden Schienenstränge jedes Gleises gelegt. Am Anfang der Gleisisolierungen führen die Verbindungsleitungen v von den Fahrschienensträngen f4 und f2 unmittelbar zu den Fahrschienensträngen f3 und f1. Über sie fließen die Triebströme, z. B. in der Fahrrichtung Außenring, wie folgt: aus f2 über v nach f1, wo sie sich vereinigen, und nach Umfließen des Isolierstoßes geteilt über die Wicklung 1 des Drosselstoßes D wieder zum Fahrschienenstrang f2 und unmittelbar durch f1 weiter. Am anderen Ende der isolierten Blockstrecke J_C fließen die Triebströme aus f2 über die Wicklung 1 des Drosselstoßes und aus f1 über den Diagonalverbinder d in die Fahrschienenstränge der benachbarten isolierten Blockstrecke J_{ZA} und so fort zum negativen Pol des Triebstromgenerators im Kraftwerk.

Zur Verstärkung der Fahrschienen-Querschnitte zum Rückleiten der Triebströme ist auch noch ein blankes Kabel r, das sogenannte Rückführungskabel, verfügbar. Es ist, damit sich die Triebströme auf das gesamte Rückleitungsnetz gut verteilen, an einigen Stellen durch Metallverbinder q mit dem ununterbrochenen durchgehenden Fahrschienenstrang f1 oder f3 verbunden. Außerdem sind diese Fahrschienenstränge auch noch durch einige Verbinder q untereinander verbunden.

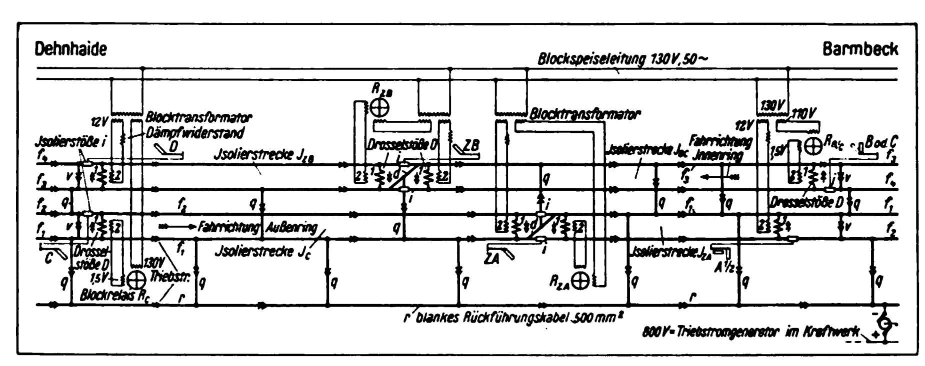


Bild 2. Gleisisolierungen zwischen Dehnhaide und Barmbeck.

Beim Fließen des einen Teiles der Triebströme durch die Wicklung 1 des Drosselstoßes wird sein Eisenkern magnetisiert. Die Magnetisierung ist aber durch Einfügen eines entsprechend bemessenen Luftspaltes in Grenzen gehalten, die für den gleichzeitig fließenden Blockstrom unschädlich sind.

Um die Schienenspannungen und damit die Blockstromverluste über die Bettung 1 so klein wie möglich zu halten, ist den Drosselstößen D eine zweite Wicklung 2 beigegeben. Sie transformiert in den Fahrschienen am Speisepunkt die Spannung des Blocktransformators auf wenige Zehntel Volt, auf der Relaisseite dagegen auf etwa 1,5 V.

Die Strombelieferung der isolierten Blockstrecken ist im Bild ohne Rücksicht auf die örtliche Anordnung der Einrichtungen angedeutet. Jeder an die Blockspeiseleitung angeschlossene Blocktransformator hat zwei Sekundärwicklungen, von denen die eine bis zu etwa 12 V die Gleisisolierung des einen Gleises, während die andere Wicklung bei etwa 110 V die Hilfswicklung des zweiphasigen Blockrelais des anderen Gleises unmittelbar speist. Die Stromkreise der Signalabhängigkeiten sind einstweilen fortgelassen, sie erscheinen später in der Streckenschaltung.

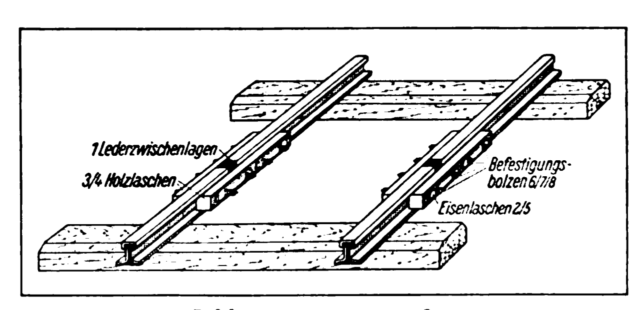


Bild 3. Die Isolierstöße.

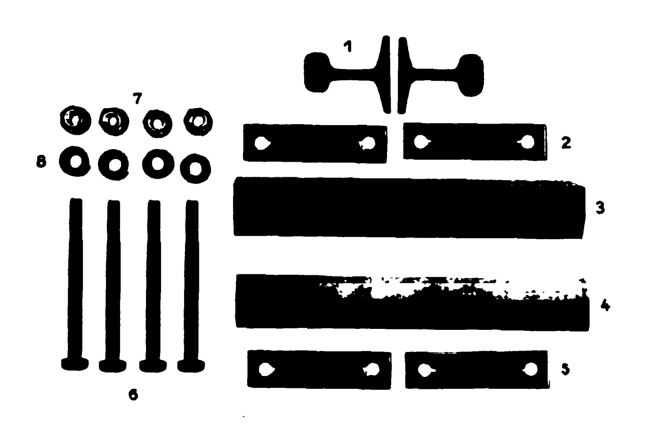


Bild 4. Teile des Isolierstoßes.

Blocktransformator nebst Dämpfwiderstand, Relais und allem Zubehör sind in einem schrankartigen Gehäuse untergebracht, das neben dem Signalantrieb am selben Mast befestigt ist.

Die Isolier- und Drosselstöße.

Die eingebauten Isolierstöße bestehen aus imprägnierten Hartholzlaschen üblicher Art, die nach Bild 3 die beiden durch Lederzwischenlagen voneinander getrennten Fahrschienenstränge zusammenhalten. Alle Einzelheiten der Isolierstöße zeigt Bild 4.

Wie der Drosselstoß ausgeführt ist, lassen die Bilder 5 und 6 erkennen. Der geblätterte Eisenkern mit seiner Wicklung ist, wie Bild 6 zeigt, in ein derbes gußeisernes Gehäuse gesetzt. Das Gehäuse ist kastenartig ausgebildet und durch einen Deckel wasserdicht verschlossen.

Die als Flachkupfer von etwa 225 mm² Querschnitt ausgebildete Wicklung ist kreisförmig um den Mantelkern herumgeführt und endigt in isoliert am Kasten angebrachten Kabelschuhen. In diese werden die nach den Fahrschienen führenden Metallseile eingelötet. Im Innern der Flachkupferwicklung ist die zweite aus dünnem Draht bestehende Wicklung untergebracht, ihre Enden sind zu einem besonderen Kabel-Endverschluß geleitet. Dieser nimmt das zum Blockrelais oder zum Blocktransformator führende Kabel auf. Zum Schutze der Wicklungen gegen Oxydation ist das Gehäuse mit Öl gefüllt. Ein vollständiges Bild der Isolier- und Drosselstöße, der Schutzabdeckung und der Kabelführung zweier benachbarter Blockstrecken zeigt die Anordnungsskizze Bild 7. Aus ihr ist auch der Raumbedarf der in der Regel zwischen den Schienenschwellen eingebauten Stöße ersichtlich. (Schluß folgt.)



Bild 5. Drosselstoß, Seitenansicht, mit Kabelschuhen der Schienenanschlüsse.

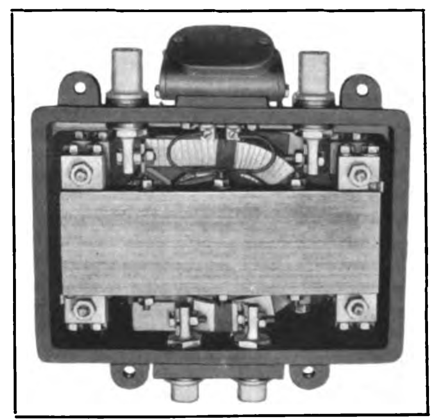


Bild 6. Drosselstoß, Draufsicht, Deckel abgenommen.

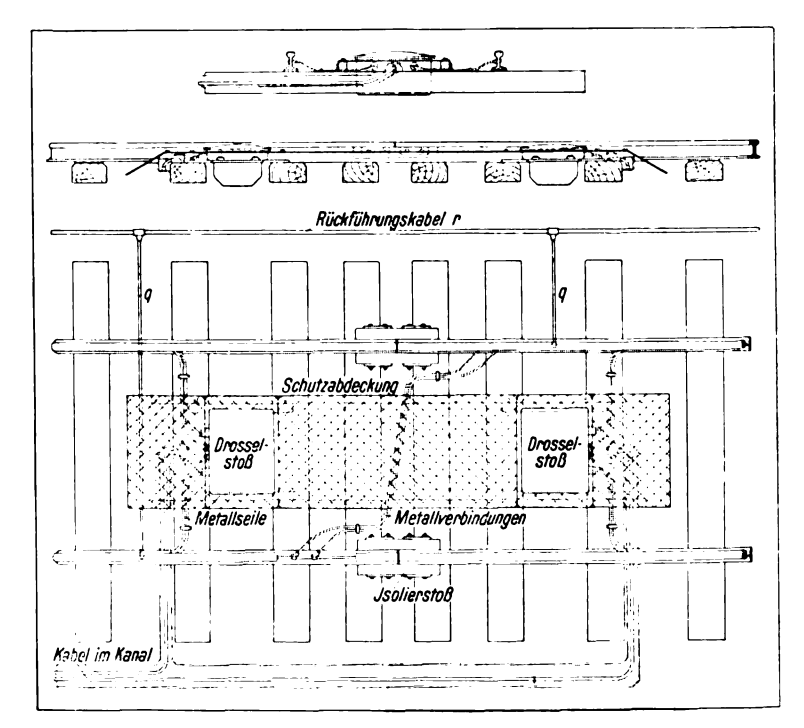


Bild 7. Isolier- und Drosselstoß nebst Schutzabdeckung.

Der mechanische Anlasser

Von Oberingenieur Blanc, Elektromotorenwerk der SSW.

Der mechanische Anlasser, den die SSW neuerdings auf den Markt gebracht haben[1]), ist bekanntlich eine Zentrifugalkupplung, welche die anzutreibende Last mit dem Motor erst nach dessen Anlauf kuppelt, so daß der Motor leer anläuft und das Netz von länger andauernden und deshalb störend wirkenden höheren Anlaufströmen entlastet.

Elsässer hat bereits in dieser Zeitschrift[1]) bemerkenswerte Ausführungen über die Wirkungsweise des mechanischen Anlassers nebst oszillographischen Aufnahmen gebracht.

So einfach und verständlich aber die Wirkungsweise dieser Kupplungen im großen und ganzen auch erscheint, sind die mechanischen Kuppel- und Anlaufvorgänge in ihren Einzelheiten doch nicht so ganz einfach und es verlohnt sich, das Verhalten dieser Kupplung etwas eingehender in theoretischer Richtung zu untersuchen.

Zu diesem Zwecke müssen wir uns den Aufbau der Kupplung vergegenwärtigen.

Auf einem von der Motorwelle angetriebenen Teile der Kupplung sind Gewichte so befestigt, daß sie unter der Wirkung der Zentrifugalkraft sich nach außen bewegen können. Die Gewichte werden aber durch gespannte Federn zurückgehalten, so daß sie sich nicht eher bewegen können, als bis die Zentrifugalkraft bei einer bestimmten Drehzahl die Federkraft überschritten hat. Dann schwingen die Gewichte aus, der Abstand des Trägheitspunktes vom Wellenmittel vergrößert sich, wodurch die Zentrifugalkraft bei gleicher Drehzahl plötzlich ansteigt. Gleichzeitig vergrößert sich aber auch die Rückzugskraft der Federn durch die größer gewordene Spannung.

Die Schwunggewichte sind von einer auf der anzutreibenden Welle sitzenden Buchse umgeben, an welche sich die Gewichte beim Ausschleudern direkt oder indirekt anpressen. Der Anpressungsdruck kann bei einer gegebenen Motordrehzahl ein höchstes Drehmoment übertragen, dessen Größe begrenzt wird durch den Druck, den Reibungskoeffizienten und den Reibungsradius.

[1]) Modell MA, Preisliste EP 48. Siemens-Zeitschrift, Heft 7, 1922 und Heft 7, 1924.

In Bild 1 ist die Anordnung schematisch dargestellt. B sei die Buchse, gegen die sich eine am Hebel des Schwunggewichtes m befindliche Druckfläche anpreßt. Der Schwungradius der Masse m in dieser Stellung sei r_2, wobei die Rückzugfeder die Länge l_2 angenommen hat, während in Ruhestellung der Schwungradius r_1 und die Federlänge l_1 ist.

Die Druckfläche greift am Hebelarm h_1,
die Feder greift am Hebelarm h_3,
die Masse greift am Hebelarm h_2 an.

Der Druck an der Druckfläche ist:

$$(1)\quad P_1 = m\,\omega^2 r_1 \frac{h_2}{h_1} \text{ (Zentrifugalkraft in Ruhelage)}$$

$$(2)\quad P_2 = m\,\omega^2 r_2 \frac{h_2}{h_1} \text{ (dasselbe in Endlage)}$$

$$(3)\quad P_{f1} = c\,(l_1 - l_0) \frac{h_3}{h_1} \text{ (der Federdruck in Anfangslage)}$$

$$(4)\quad P_{f2} = c\,(l_2 - l_0) \frac{h_3}{h_1} \text{ (der Federdruck in Endlage)}$$

Die resultierende Druckkraft ist:

$$(5)\quad P = P_2 - P_{f2} \text{ und}$$

$$(6)\quad K = P \cdot r \cdot \varrho$$

das größte übertragbare Drehmoment der Kupplung, wenn ϱ der Reibungskoeffizient.

Nun hat man noch zu unterscheiden zwischen dem Koeffizienten der gleitenden Reibung ϱ_1, der einzusetzen ist, solange die Gewichte anliegen, der Teil B aber noch nicht die gleiche Geschwindigkeit angenommen hat wie die antreibende Welle und der Koeffizient der ruhenden Reibung ϱ_2. Da dieser größer ist als ϱ_1, kann mit der Kupplung im Lauf ein größeres Moment übertragen werden, als die Kupplung imstande ist im Anlauf zu entwickeln.

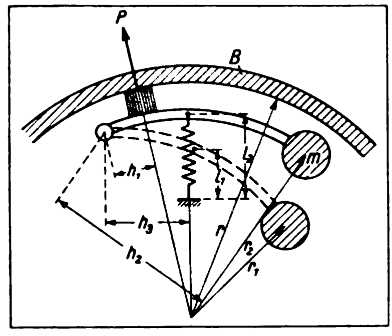


Bild 1. Schematische Darstellung der Anordnung der Schwunggewichte im mechanischen Anlasser.

Das Verhalten der Kupplung ist in Bild 2 über Drehzahl n aufgetragen — in den Formeln soll der Faktor der Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2\pi \frac{n}{60}$ beibehalten werden. —

Aus Gl. 1 bis 4 folgt

(6a) $K_a = r\,\varrho_1 \left(m\,\omega^2\,r_1 \frac{h_2}{h_1} - c\,(l_1 - l_0)\frac{h_3}{h_1}\right)$ und

(6b) $K_b = r\,\varrho_1 \left(m\,\omega^2\,r_2 \frac{h_2}{h_1} - c\,(l_2 - l_0)\frac{h_3}{h_1}\right)$.

Diese Gleichungen sind in Bild 2 in den Kurven

K_a als übertragbares Moment in Anfangslage mit ϱ_1,
K_b als übertragbares Moment in Endlage mit ϱ_1,
K_c als übertragbares Moment in Endlage mit ϱ_2

(6c) aufgetragen, wo $K_c = K_b \frac{\varrho_2}{\varrho_1}$.

Kurve K_a hat keinen realen Sinn, da die Gewichte nicht im Eingriff sind. Aber der Schnittpunkt der Kurve mit der n-Achse gibt (bei Drehzahl n_a) die Drehzahl an, bei der die Zentrifugalkraft gerade die Federkraft überwindet

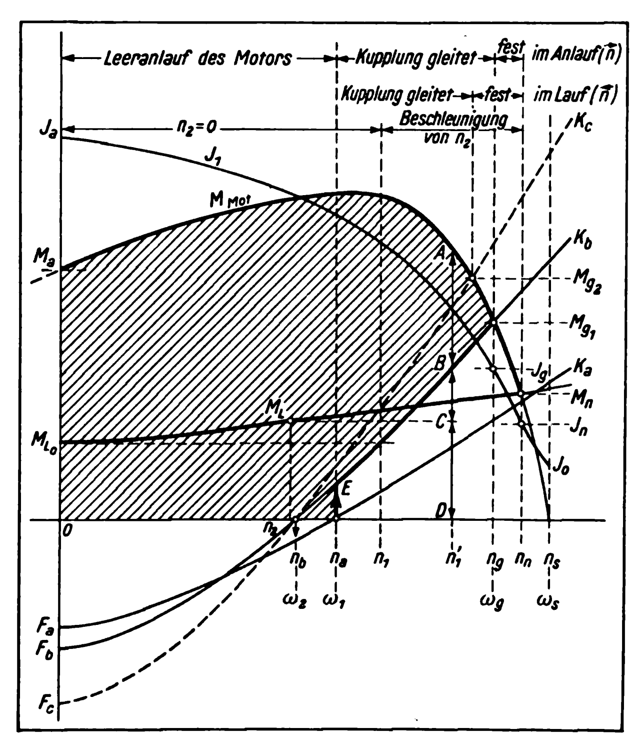


Bild 2. Anlaufvorgang bei Anlauf eines Drehstrommotors mit Kurzschlußläufer und mechanischem Anlasser bei direkter Einschaltung.

und bei höherer Drehzahl die Gewichte zum Ausschlag bringt. Für diese Drehzahl sei $\omega = \omega_1$. Der Übergang der Gewichte vom Schwungradius r_1 nach r_2 erfolgt plötzlich — labiles Verhalten — wegen der bei gleicher Drehzahl mit dem zunehmenden Radius r zunehmenden Zentrifugalkraft und bewirkt ein höheres übertragbares Moment, K_b. Würde die Drehzahl wieder abnehmen, so würden nunmehr die Gewichte erst bei der kleineren Geschwindigkeit ω_2 in die Ruhelage zurückfallen. Für beide Punkte ist $K_a = 0$ und $K_b = 0$ und man erhält nach Gl. 6

(7) $m\,\omega_1^2\,r_1\,h_2 = c\,(l_1 - l_0)\,h_3$ und

(8) $m\,\omega_2^2\,r_2\,h_2 = c\,(l_2 - l_0)\,h_3$.

Das Verhältnis der sogenannten Angriffsdrehzahl zur Abschaltdrehzahl bestimmt sich demnach zu

(9) $\frac{n_a}{n_b} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \sqrt{\frac{l_1 - l_0}{l_2 - l_0} \cdot \frac{r_2}{r_1}}$.

Beide Drehzahlen würden zusammenfallen, d. h. $\omega_1 = \omega_2$, — astatisches Verhalten — wenn

(10) $\frac{l_1 - l_0}{l_2 - l_0} = \frac{r_1}{r_2}$

gemacht werden könnte, eine einfache kinematische Aufgabe. Andererseits ist die Bedingung $\omega_1 = \omega_2$ auch schon erfüllt für $l_1 = l_2$ und $r_1 = r_2$, d. h. wenn man den Ausschlag der Gewichte möglichst klein wählt. Wir legen aber auf eine derartige Eigenschaft der Kupplung keinen Wert, sondern vielmehr darauf, daß $\omega_1 > \omega_2$ oder $\frac{l_1 - l_0}{r_1} > \frac{l_2 - l_0}{r_2}$ damit die Kupplung nicht zu schleichend angreift.

Die negativen Momente der K-Kurven F_a, F_b, F_c bei $n = 0$ besagen, daß das übertragbare Moment diesen gezeichneten Größen entsprechen würde, wenn auf die Schwunggewichte allein die Federkräfte

P_{f1} bei ϱ_1
bzw. P_{f2} bei ϱ_1
bzw. P_{f2} bei ϱ_2 wirken würden.

Die Gl. 6 besagt, daß die K-Kurven als f (ω) bei gegebener Masse m aber verschiedenen Federn in der Ordinatenrichtung verschobene Parabeln sind.

Der Differentialquotient von Gl. 6

(11) $\frac{d\,K\,b}{d\,\omega} = 2\,\frac{r\,\varrho\,r_2\,h_2}{h_1}\,\omega\,m$

deutet die Steilheit der Kurven an. Sie ist proportional m und ω, und unabhängig von der Feder. Man erhält deshalb bei derselben Feder, aber

verschiedenen Gewichten nur verschiedene Parabeln mit demselben Ausgangspunkt F in der Ordinatenachse, während schwächere oder stärkere Federn bei demselben Gewicht die Kurven ohne Formänderung parallel der Ordinatenachse nach oben bzw. unten verschieben.

Wir können uns nunmehr der Momentenkurve des Motors zuwenden. Diese, die sogenannte Bremscharakteristik, ist in Kurve M_{Mot} für einen Drehstromkurzschlußläufer gegeben. Sie zeigt, daß sie beim Einschalten des Motors bei $n = o$ mit dem Anlaufmoment M_a beginnt, bei einer gewissen Drehzahl das maximale Moment, das Kippmoment, erreicht und bei Synchronismus „n_s“ zu Null wird.

Im Punkt n_g ist das Motormoment gerade gleich dem übertragbaren Moment K_b geworden. Solange die Kupplung im Anlauf noch gleitet, muß der Motor die Drehzahl n_g annehmen und hierbei das Moment M_g, das „Gleitmoment“, mit den Reibungskoeffizienten ϱ_1 übertragen unabhängig von ihrem Last- und Trägheitsmoment.

Eine weitere Charakteristik ist diejenige der Last „M_L“. Sie hat irgendeine Kurvenform als f (n), vielfach eine sehr flache Parabel. Der Schnittpunkt dieser Kurve mit der Momentkurve M_{Mot} gibt bei n_n den Punkt des stationären Laufes des Motors mit der Last.

Der Kuppelvorgang beim Anlauf eines Kurzschlußläufermotors.

Der Kurzschlußläufermotor, für den die Verwendung des mechanischen Anlassers besonders in Frage kommt, wird eingeschaltet und entwickelt bei losen Kuppelgewichten ein Anlaufmoment M_a, das lediglich zur Beschleunigung seiner eigenen Läufermasse verwendet wird. Bei der Drehzahl n_a des Motors kuppeln die Gewichte. Der Motor beschleunigt sich aber selbst bis zur Drehzahl n_g mit Drehmomentwerten zwischen den Momentlinien M_{Mot} als obere und o n_a E B M_{g1} als untere Begrenzung, in Bild 2 gekennzeichnet durch die schraffierte Momentfläche, deren reziproker Wert $\frac{1}{\int M_b d\omega}$ einen praktisch brauchbaren Vergleichsmaßstab für die

(12) Anlaufdauer $T = J\int \frac{1}{M_b} d\omega$ abgibt[1]) in dem Sinne, daß je größer die Momentfläche $\int M d\omega$ desto kleiner die Anlaufdauer ist.

(13) Denn der Ausdruck $\frac{1}{\int M_b d\omega} \cdot \omega_g{}^2 J$ entspricht näherungsweise der Anlaufdauer T. Wenn M_b konstant wäre, so wäre dieser Ausdruck sogar genau gleich der Anlaufdauer. Berücksichtigt man, daß $\frac{1}{2} J\omega_g^2$ gleich der kinetischen Energie E der bewegten Massen ist und nennt $\int M_b d\omega = F$ die Momentfläche, der Beschleunigungsmomente, so stellt sich die genäherte Anlaufdauer

(14) als $T' \cong 2\frac{E}{F}$ dar in $\left(\frac{kg\,m}{kg\,m\,s^{-1}} = s\right)$.

Ist in einem Diagramm M nicht über ω, sondern wie üblich über Drehzahl/min. aufgetragen und die Flächen F als $F' = \int M dn$ ausgewertet, so ist zu setzen

$$T' = \frac{60}{\pi} \frac{E}{\int M dn} \cong 20\frac{E}{F'} \text{ in Sek. oder } \frac{1}{3}\frac{E}{F'} \text{ in Min.}$$

Laufen die Momentflächen wie bei n_g in Bild 2 in Spitzen aus, so erreicht die Drehzahl der Masse den Endwert ωg asymptotisch, also theoretisch, erst nach unendlich langer Zeit, während praktisch die Enddrehzahl in begrenzter kurzer Zeit erreicht ist. Die Formel 14 gibt ebenfalls begrenzte Werte für die Anlaufdauer, so daß diese Formulierung eine für die Praxis gültige physikalische Umschreibung der Anlaufdauer darstellen kann.

Da das Trägheitsmoment der Läufermasse klein ist, dauert der Anlauf des Motors allein für sich nur etwa $^1/_{10}$ s, wie aufgenommene Oszillogramme nachweisen. Der Anlaufstromstoß, der selbstverständlich im ersten Augenblick gleich dem Kurzschlußstrom, ist aber am Strommesser durch die kurze Dauer gar nicht zu messen, seine Rückwirkung auf das Netz deshalb auch sehr gering. Ja selbst Glühlampen zeigen nur ein kurzes, unerhebliches, durchaus nicht mehr störendes Zucken.

Wenn die Kuppelgewichte bei der Drehzahl n_a zum Angriff gekommen sind, können sie das Moment — „Ordinate E“ — übertragen. Dies genügt aber noch nicht, die Last in Bewegung zu setzen. Erst bei der Drehzahl n_1 ist das Kuppelmoment gleich dem Widerstandsmoment der noch stillstehenden Last M_{Lo} geworden. Jetzt

[1]) Für genaue Berechnung der Anlaufdauer siehe Blanc Z. d. V. d. I., 1919. S. 289.

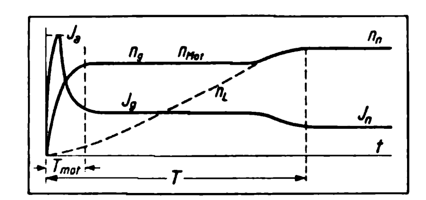


Bild 3. Strom- und Drehzahlverlauf mit mechanischem Anlasser.

erst nach Überschreitung von n_1 setzt sich die Last in Bewegung mit einer Beschleunigung, die in jedem Augenblick der Differenz des jeweiligen Kuppelmomentes und des jeweiligen Lastmoments und dem Trägheitsmoment entspricht.

(15) $$\frac{dn}{dt} = \frac{1}{2\pi} \frac{k_b - M_L}{J}$$

in Drehzahl je s^2, wenn J das Trägheitsmoment der Last in m kg s^2. Zum Beispiel ist, wenn der Motor die Drehzahl n_1' und die Last die Drehzahl n_2 hat, die Strecke

AB das Beschleunigungsmoment für die Läufermasse,

BD das durch die Kupplung auf die Lastwelle übertragene Moment,

BC das Beschleunigungsmoment für die Masse der Last,

CD das Widerstandsmoment (Nutzmoment) der Last.

Da sich der Läufer selbst beschleunigen muß solange AB noch einen Wert hat, der Motor also bis zum Gleitmoment M_{gl} herauflaufen muß, so wird der Motor so lange unter Gleiten der Kupplung in der Drehzahl n_g verharren, bis die Last bis zur gleichen Drehzahl nachgekommen ist. Nun gleiten die Gewichte nicht mehr, aber das noch bestehende Beschleunigungsmoment M_{gl} minus dem Lastmoment in n_g beschleunigt nun Läufer und Lastmasse weiter, bis der Motor die Drehzahl n_n angenommen hat.

Für Geschwindigkeit ω_g geht Gleichung 6b über in

(6d) $$M_{gl} = \frac{r\,\varrho_1}{h_1}\left(m\,\omega_g^2\,r_2\,h_2 - c\,(l_2 - l_o)\,h_3\right)$$

und unter Einsetzung der Gleichung 8

(16) $$M_{gl} = \frac{r\,\varrho_1\,r_2\,h_2}{h_1}\,m\,(\omega_g^2 - \omega_2^2).$$

Diese Gleichung läßt erkennen, daß, wenn ein Moment vorgeschrieben ist und die Abfalldrehzahl der Gewichte ω_2 angenommen oder gewünscht wird, die Masse m des Schwunggewichtes eine bestimmte sein muß, ganz unabhängig von der Feder, nämlich

(17) $$m = \frac{M_{gl}\,h_1}{r\,\varrho\,r_2\,h_2\,(\omega_g^2 - \omega_2^2)},$$

jedoch muß die Feder der Bedingung genügen

(18) $$c = \frac{\omega_2^2\,r_2\,h_2}{(l_2 - l_o)\,h_3}\,m.$$

Macht man $\omega_2 = 0$, so wird $c = 0$, d. h. man braucht gar keine Feder und m muß der Bedingung genügen,

(19) $$m = \frac{M_{gl}\,h_1}{r\,\varrho\,r_2\,h_2\,\omega_g^2}.$$

Dies gibt die kleinste Masse m, aber man verliert den Vorteil, mit Hilfe der Feder die Kupplung nachstellen zu können. Immerhin lehrt diese Betrachtung, daß es vorteilhaft ist, ω_2, die Abfalldrehzahl, möglichst klein zu wählen, um kleine Massen und Federn zu erhalten. Tatsächlich erweist sich ω_2 etwa $= \frac{\omega_g}{2}$ als praktisch.

Ist das Moment M_{gl} mit Drehzahl n_g sowie die Einschlagdrehzahl n_a bzw. ω_1 gegeben, so kann in den Formeln 16 bis 18 nach Gl. 9 ω_2^2 durch $\omega_1^2 \frac{l_2 - l_0}{l_1 - l_0} \frac{r_1}{r_2}$ ersetzt werden.

Die elektrische Anlaufbelastung des Motors ist nach obigem, abgesehen von dem ersten großen, aber kurzen unschädlichen Stromstoß, lediglich gleich dem durch die Kupplung einstellbaren Gleitmoment M_{gl}.

Die Kurve J_1 in Bild 2 zeigt den Stromverlauf des Kurzschlußläufermotors. Im ersten Augenblick nach dem Einschalten tritt der Anlaufstrom J_a bei $n = 0$ gleich dem Kurzschlußstrom ein. Da die Anlaufdauer für den Läufer allein nur sehr kurz ist, nur etwa $^1/_{10}$ sek, weil das Trägheitsmoment des Ankers J relativ klein und das Beschleunigungsmoment $M_b = M_{gl} - M_L$ relativ groß ist, so fällt der Strom in dieser kurzen Zeit von J_a auf J_g. Der Strom J_g, der dem durch die Konstruktion der Kupplung einstellbaren Moment M_{gl} entsprechen muß und daher auf einen zulässigen Wert eingestellt werden kann, hält sich nun so lange auf diesem Wert, solange das Moment M_{gl} übertragen wird, d. h. bis die Last bis zur Drehzahl n_g nachgekommen ist. Dann fällt der Strom

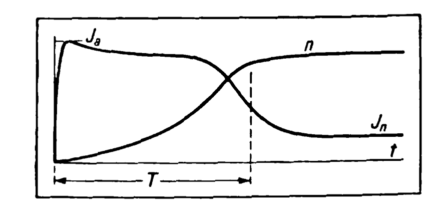


Bild 4 Strom- und Drehzahlverlauf ohne mechanischen Anlasser.

bei weiterer Drehzahlzunahme bis n_n auf den normalen Belastungswert J_n. Da man verlangen muß, daß der Motor mindestens voll belastet angelassen werden kann, wird man $M_{g1} > M_n$ etwa um 20 bis 30 v. H. größer einstellen.

In Bild 3 ist der zeitliche Verlauf von Strom und Drehzahl mit mechanischem Anlasser, in Bild 4 ohne einen solchen dargestellt. Man erkennt den großen Unterschied in den Anlaufströmen. Man sieht in Bild 3, wie der Strom des mit mechanischem Anlasser ausgerüsteten Motors sofort nach dem Einschalten auf einen kleinen Wert J_g absinkt, die Drehzahl des Motors sofort den vollen Wert n_n annimmt und die Last allmählich nachkommt.

In Bild 4, ohne mechanischen Anlasser, halten sich die hohen Anlaufströme längere Zeit auf dem hohen Wert. Allerdings ist die Zeitdauer des Anlaufs der Last etwas kürzer, da die die Last beschleunigenden Momente $M_{Mot} - M_L$ größer sind, als vorher die Werte $M_g - M_L$.

Es ist nun leicht verständlich, daß nicht der hohe Anlaufstromstoß als solcher, sondern seine Zeitdauer störend wirkt.

Bekanntlich beträgt der Kurzschlußstrom beim direkten Einschalten das Fünf- bis Achtfache des Normalstromes je nach Größe des Motors. Ein solcher Stromstoß wäre nach dem Wortlaut der Anlaufvorschriften des VDE nicht zulässig. Die kurze Zeitdauer dieses Stromstoßes verursacht aber, wie durch zahlreiche Versuche nachgewiesen ist, so geringe Rückwirkung auf Lampen und andere angeschlossene Motoren, daß eine Störung nicht eintritt. Bei diesen kurzen Stromstößen tritt der Umstand hinzu, daß bei Motorantrieben die Schwungmassen bereits laufender Motoren und beim Licht die sogenannte Nachbildwirkung des Auges, die Relaxationszeit, deren Wert etwa $^7/_{10}$ sek beträgt, die störenden Rückwirkungen mildern. Aber man kann bei Verwendung des mechanischen Anlassers durch Anlauf von Stern- und Dreieckschaltung auch die vorgeschriebenen Maximalströme einhalten und doch belasteten Anlauf erzielen.

Der Anlaufvorgang ist in diesem Fall in Bild 5 dargestellt. Nach Einschalten des Motors in ⅄-Schaltung entwickelt er das Moment $M_{a⅄}$ der Momentkurve $M_{Mot⅄}$. Dieses ist hier kleiner als das Lastmoment M_{L_0}. Wäre der Motor mit der

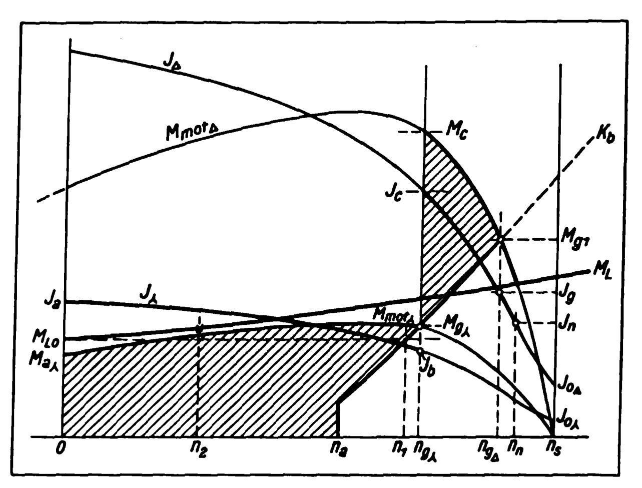


Bild 5. Anlaufvorgang bei Anlauf eines Drehstrommotors mit Kurzschlußläufer und mechanischem Anlasser beim Einschalten durch Stern-Dreieckschalter.

Last direkt gekuppelt, so würde der Motor überhaupt nicht anlaufen. Mit dem M. A. beschleunigt der Motor aber nur seinen eigenen Läufer gemäß der schraffierten Momentfläche, unten links, bis zur Drehzahl $n_{g⅄}$ und gibt hierbei sein Moment $M_{g⅄}$ an die Kupplung ab. Der Strom ist hierbei von J_a auf den Wert J_b gesunken. Das Moment $M_{g⅄}$ beschleunigt nun die Masse bis zu einer Drehzahl n_2, bei der das Lastmoment $M_L = M_{g⅄}$ geworden ist. Schaltet man von ⅄ nach △ um, so steigt der Strom von J_b auf J_c und das Moment von $M_{g⅄}$ auf M_c. Der Läufer wird nochmals für sich rasch beschleunigt, gemäß der schraffierten Momentfläche, oben rechts, bis zur Drehzahl $n_{g\triangle}$. Der Strom fällt sofort auf J_g, der Motor überträgt das Moment M_{g_1}, die Last folgt unter Gleiten der Kupplung allmählich bis zu dieser Drehzahl und läuft dann mit dem Läufer weiter ohne Gleiten bis zur Drehzahl n_n, wobei der Strom von J_g auf J_n absinkt.

Der Überlastungsvorgang.

Wenn nach Überschreiten der Drehzahl n_g die Gewichte nicht mehr gleiten, geht der Reibungskoeffizient vom Wert ϱ_1, in den größeren Wert ϱ_2 über. Diesem würde aber ein größeres, übertragbares Moment k_c der Kupplung entsprechen.

Während im Anlauf die Last das Moment M_{g1} nicht erreichen darf, wenn die Kupplung überhaupt anlaufen soll, kann sie nach dem Anlauf wegen des größeren Reibungskoeffizienten bis

zum Moment M_{g2} (Bild 2) belastet werden. Es ist klar, daß das Verhältnis von $\frac{M_{g2}}{M_{g1}}$ wegen des Drehzahlabfalles des Motors etwas kleiner sein muß als $\frac{\varrho_2}{\varrho_1}$. Es hängt von der Neigung beider Kurven ab. In Praxis dürfte

(20) $$\frac{M_{g2}}{M_{g1}} \cong \frac{\varrho_1 + \varrho_2}{2} \text{ bis } \sqrt{\frac{\varrho_2}{\varrho_1}}$$

sein.

Überschreitet die Belastung den Wert M_{g2}, so beginnt die Kupplung zu gleiten, der Reibungskoeffizient geht sogleich wieder in den Wert ϱ_1 über, und das übertragbare Moment fällt auf die Kurve k_b zurück. Die Folge ist eine Entlastung des Motors, der sich wieder bis zu n_g beschleunigt und unter Gleiten das Moment M_{g1} abgibt.

Der Überschuß zwischen dem größeren Lastmoment und M_{g1} wirkt als Verzögerungsmoment für die Masse der Last, die also schließlich zum Stillstand kommen muß. Die Reibungsleistung M_{g1} $(n_g - n_L)$ wird in Reibungswärme umgewandelt, und zwar erhält man bei angenommenem konstanten Verhältnis von Lastmoment M_L zu Beschleunigungsmoment $M_b = M_{g_1} - M_L$ die in der Kupplung bei jedem Anlauf in Wärme freiwerdende Anlaßarbeit als

(21) $$A_K = E\left(1 + \frac{M_L}{M_b}\right) = E\,\frac{M_{g1}}{M_{g1} - M_L}$$ [1])

[1]) Es ist

$$dA_K = M_g\,(\omega_g - \omega)\,dt = (M_b + M_L)\,(\omega_g - \omega)\,dt$$
$$dA_K = M_b\,(\omega_g - \omega)\,dt + M_L\,(\omega_g - \omega)\,dt$$

$$\int_0^{\omega_g} M_b\,(\omega_g - \omega)\,dt = \int_0^{\omega_g} M_b(\omega_g - \omega)\frac{J}{M_b}\,d\omega = \frac{1}{2}\,J\omega_g^2 = E$$

$$\int_0^{\omega_g} M_L\,(\omega_g - \omega)\,dt = \int M_L(\omega_g - \omega)\frac{J}{M_b}\,d\omega = J$$

$$\int \frac{M_L}{M_b}\,(\omega_g - \omega)\,d\omega = \frac{M_L}{M_b}\,E,$$

wenn $\frac{M_L}{M_b}$ = konst. oder M_L und M_b = konst.

Daher $$A_K = E + J\int \frac{M_L}{M_b}\,(\omega_g - \omega)\,d\omega = E\left(1 + \frac{M_L}{M_b}\right)$$

$$= E\,\frac{M_{g_1}}{M_{g_1} - M_L}, \text{ wenn } \frac{M_L}{M_b} = \text{konst.}$$

in kgm oder

$$= 9{,}81\,E\,\frac{M_g}{M_{g1} - M_L} \text{ in Watt/s,}$$

wobei die kinetische Energie der Masse

(22) $$E = \frac{1}{2}\,J\,\omega_g^2 \cong \frac{1}{2}\,GD^2 n_g^2$$

in mkg bei Geschwindigkeit ω_g (G in kg, D in m, n_g in s^{-1}). Ist J gleich Null, d. h. es sind keine Massen zu beschleunigen, so ist auch $A_K = 0$ trotz Anlauf unter Last, weil dann auch die Anlaufdauer zu Null wird (s. Gl. 12 und 14). A_K ist also immer ein gewisses Mehrfaches der kinetischen Energie E, z. B. in der Darstellung des Bildes 2 etwa das Doppelte. Sind nur Massen zu beschleunigen, also das Lastmoment $M_L = 0$, so wird $A_K = E$, also die entwickelte Anlaufwärme im Anlasser gleich der Schwungmassenenergie wie bekannt. In den meisten Fällen sind die Schwungmassenenergien der bewegten Massen verhältnismäßig gering und dann ist ein Anlauf selbst unter Vollast kaum mit nennenswerter Erwärmung der Kupplung verbunden, da die Wärmekapazität der Kupplung normaler Konstruktion und die Wärmeabgabe der Oberflächen schon ziemlich groß ist. Es ist aber nicht angängig, solche Kupplungen längere Zeit durch Überlastung gleiten zu lassen. In besonders schweren Fällen, bei denen ein sehr häufiges Anlassen stattfindet, oder sehr große Schwungmassen zu beschleunigen sind, z. B. bei Zentrifugen, kann man durch Sonderkonstruktion, die eine intensivere Wärmeabfuhr erzielt, den mechanischen Anlasser auch für solche Antriebe geeignet machen. Andererseits bildet der mechanische Anlasser bei stoßweiser Belastung eine gute Sicherung gegen Überlastung des Motors, da die Motorbelastung nicht höher als das Gleitmoment M_{g2} getrieben werden kann. Die Anlaufwärme A_K (Gl. 21) oder die Reibungswärme 9,81 $M_{g_1}\,\omega_g \cdot t$, wenn die Kupplung einmal durch Überlastung bei stillstehender Last rutschen sollte, erhöht natürlich die Temperatur der Kupplung, aber nicht in dem Maße, daß Erglühen eintritt und somit Brände verursacht werden können, wie bei Anlassern mit Drahtbezug für Schleifringmotoren. Der mechanische Anlasser ist deshalb auch in hervorragendem Maße für landwirtschaftliche Betriebe geeignet, um so mehr als



er auch durch seine geschlossene Form und solide Bauart außerordentlich unempfindlich gegen mechanische Einflüsse ist. Staub, Öl, Feuchtigkeit, ja selbst Sand stören seine Arbeitsweise kaum in nennenswerter Weise. Der mechanische Anlasser ist zündsicher und sogar so gut wie schlagwettersicher. Es konnte bei Versuchen, bei denen die Kupplung festgebremst, trocken und mit grobem Quarzsand stark verunreinigt lief, in einem explosiven Gasgemisch in keinem Falle eine Zündung hervorgerufen werden.

KLEINE MITTEILUNGEN

Umspannwerk Godenau der Großkraftwerk Hannover A. G.

Von Oberingenieur P. **Raebiger**, Techn. Büro, Hannover.

Durch die Ausnutzung der Wasserkräfte am nördlichen Mainufer östlich von Frankfurt a. M., im oberen Quellgebiet der Weser und weiter nördlich an der Weser bei Dörverden, ist, wie die Karte Bild 1 zeigt, in Verbindung mit den notwendigen Dampfreserven ein besonderes, in sich abgeschlossenes Stromversorgungsgebiet zwischen Frankfurt a. M. und Bremen im Laufe der letzten zehn Jahre entstanden, dessen Entwicklung jedoch noch nicht beendet ist. Nach der durch die politischen und wirtschaftlichen Ereignisse der Kriegsjahre naturgemäß bedingten Hemmung war es im Zusammenhang mit dem Bau des Großkraftwerkes Hannover dringend erforderlich geworden, außer dem fehlenden Verbindungsstück der 60 kV-Leitung nördlich Hardegsen bis Hannover die zur Versorgung der südlichen Provinz Hannover notwendigen drei Umspannwerke Godenau, Hildesheim und Rethen beschleunigt zu errichten.

Mit der Lösung dieser Aufgaben wurde das im August 1922 neu errichtete Staatliche Elektrizitätsamt I in Hannover beauftragt.

Das zuerst in Angriff genommene Umspannwerk bei dem Orte **Godenau**, nördlich Alfeld a. d. L., an der Bahnstrecke Hannover—Göttingen, ist zur Versorgung der Stadt- und Landkreise Alfeld und Gronau und ihrer Industrieanlagen bestimmt. Es wurde daher für die Unterbringung von drei Transformatoren von je 3000 kVA-Leistung, 60/15 kV-Spannung bei 50 Frequenz bemessen, und für die Ein- und Ausführung von je zwei Hochspannungsfreileitungen für 60 kV und fünf für 15 kV vorgesehen. Der grundlegende Entwurf für das Umspannwerk, den Bild 2 zeigt, stammt von Regierungs- und Baurat Lasser in Hannover, die architektonische Gestaltung von der Hochbauabteilung der Staatlichen Elektrizitäts-Verwaltung.

Die Entwicklung des Grundrisses war im wesentlichen bestimmt durch die Lage des Gebäudes an der Provinzial-Chaussee (Bild 3) im Hinblick auf bequeme Zufahrtsmöglichkeit und Rücksichtnahme auf gute Ein- und Ausführung der 60 kV-Leitungen sowie der abgehenden 15 kV-Leitungen. Möglichst einfache, aber zweckmäßige und solide Ausführung des Gebäudes war Bedingung.

Die nördlich vom Großkraftwerk Hannover kommende 60 kV-Leitung wird, nach Kreuzung der Landstraße mit ihren zahlreichen Schwachstromleitungen, oberhalb des Transformatorenanbaues eingeführt und verläßt das Gebäude zunächst westlich, später südlich in Richtung Hardegsen. Die zur Versorgung der Abnehmer dienenden 15 kV-Fernleitungen treten auf der südlichen Stirnseite des Umspannwerkes aus, um nach Kreuzung der Landstraße Anschluß an das vorhandene 15 kV-Netz der Kreise Gronau und Alfeld zu suchen (Bild 4).

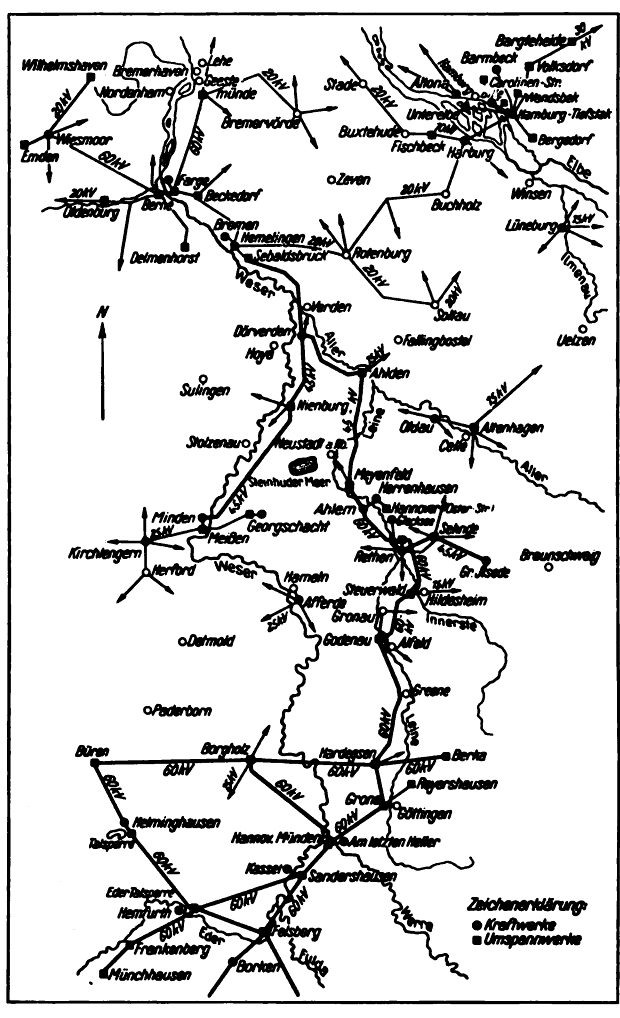


Bild 1. Staatliche und private größere Elektrizitätswerke im mitteldeutschen Stromversorgungsgebiet zwischen Kassel und Bremen.

Da bei steigendem Strombedarf eine spätere Erweiterung in nördlicher Richtung nicht ausgeschlossen ist, wurde hierauf schon jetzt Rücksicht genommen. Hieraus ergaben sich als zweckmäßigste Lösung zwei rechtwinklig zueinander

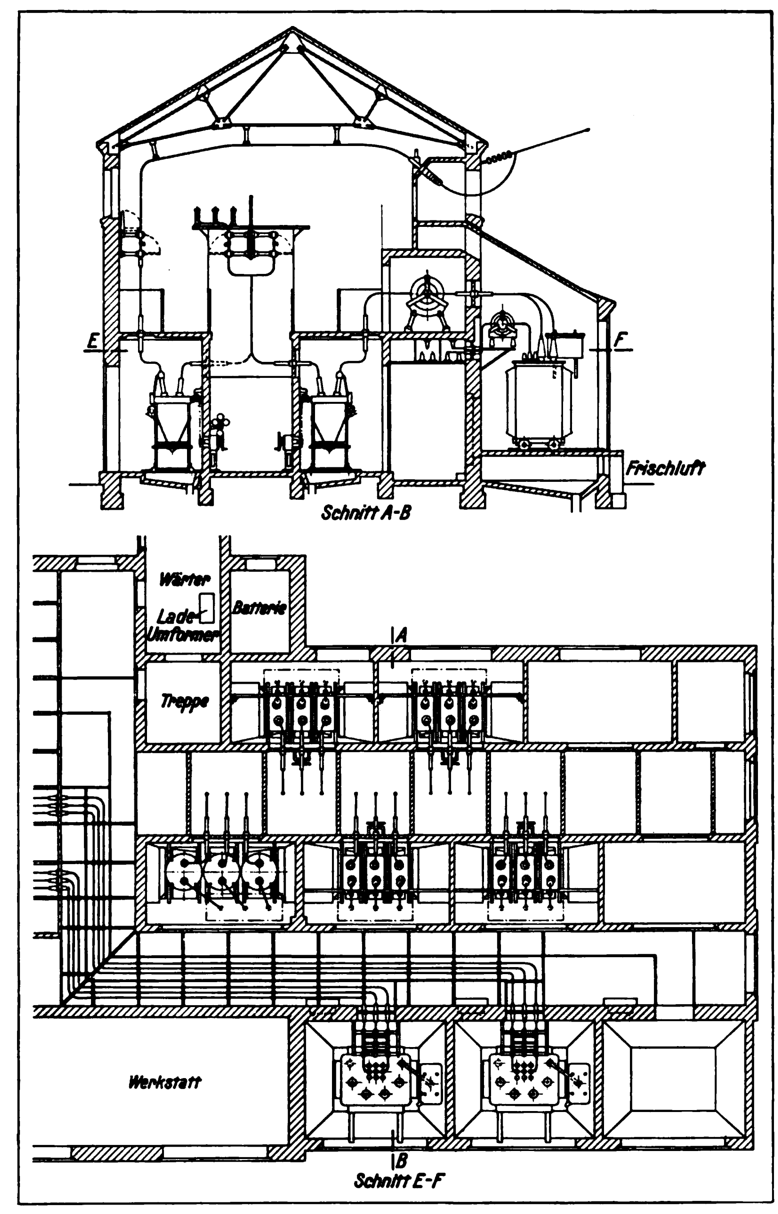


Bild 2. Grundriß und Aufriß.

schaltern bequem zu übersehen, so daß sich der Schaltwärter von der Stellung der Trennschalter vor Ausführung von Schaltungen stets überzeugen kann. Dies ist als besonderer Vorzug der Anordnung anzusprechen. Zwischen den Kammern der 60 kV-Ölschalter der Transformatoren und denen für die Transformatoren selbst befindet sich der Gang für das Ein- und Ausfahren der Ölschalter, von dem aus durch feuersichere eiserne Schlupftüren auch die Transformatorenräume zur Kontrolle betretbar sind. Über diesem Gang wurden die Verbindungsleitungen von der 15 kV-Seite der Transformatoren zu den 15 kV-Zellen der Station als blanke Kupferschienen offen auf Isolatoren verlegt. Hierdurch werden die Kosten gegenüber Kabelverbindungen vermindert, die Betriebssicherheit der Anlage wird erhöht und die blanken Leitungen sind auf der ganzen Länge der Überwachung zugänglich. Sämtliche Ölschalter- und Transformatorenkammern sind durch feuersichere eiserne Türen abgeschlossen.

Die warme Luft aus den Transformatorenräumen wird in der Regel durch einen Entlüftungskanal ins Freie abgeführt; bei sehr warmer Witterung und hoher Belastung kann eine besondere Lüfteranlage diesen Vorgang unterstützen. Die Einrichtung ist so getroffen, daß bei kühlerer Jahreszeit die warme Abluft der Transformatoren mit oder ohne Lüfterbetrieb zur Beheizung der Schalträume verwendet werden kann und daß an besonders heißen Tagen zur Transformatorenentlüftung die kühlere Luft aus dem Gebäude genommen wird. Weiter kann mit Hilfe der Lüfter das Schalthaus selbst kräftig durchlüftet werden.

Die Transformatorenkammern haben im Innern angebrachte eiserne Leitern zur zeitweisen Überwachung der etwa 2 m über dem Fußboden befindlichen Transformatorausführungen. Besonderer Wert wurde auf einfache, aber zweckmäßige Einrichtungen zum An- und Abtransport der etwa 23 t schweren Transformatoren gelegt. Zum Hereinbringen der Transformatoren ist in der Mitte der Rückwand jeder Zelle unten ein kräftiger eiserner Ring zur Anbringung eines Flaschenzuges verankert. Den Zellenmitten gegenüber am Außenzaun des Gebäudegrundstückes sind gleiche eiserne Ringe an Betonklötzen angebracht, die das Herausholen der mit Ösen versehenen Transformatoren erleichtern. Ein auf Gleisen längs der Rampe des Transformatoranbaues laufender Wagen dient zum Verfahren der Transformatoren. Die Bewegung dieses nur selten benutzten, daher beladen schwer gangbaren Wagens kann durch Flaschenzüge gefördert werden. Zu diesem Zweck ist an den beiden Enden des Gleises auf Mitte wiederum je ein Ring einbetoniert worden. Durch die planmäßige Anordnung dieser verschiedenen eisernen Ringe wird er-

liegende zweigeschossige Schalthäuser je für 60 und 15 kV und ein besonderer, aus Transportrücksichten längs der Landstraße vorgelagerter Anbau für die Transformatorenkammern.

Diese Anordnung hat zwei ebenfalls rechtwinklig aufeinander stoßende Bedienungsgänge für die 60 und 15 kV-Hochspannungsschalter zur Folge, wodurch beide Bedienungsgänge übersichtlich und unnötige Wege des Schaltwärters vermieden werden.

Die Ölschalter für die 60 kV-Fernleitungen liegen ebenso wie die Ölschalter für die Oberspannungsseiten der Transformatoren zu beiden Seiten des durch obere Deckendurchbrüche hell beleuchteten 60 kV-Bedienungsganges (Bild 5).

Das doppelt vorgesehene, zunächst nur einfach ausgeführte Sammelschienensystem im Obergeschoß ist von hier infolge der Deckenöffnungen mit seinen sämtlichen Trenn-

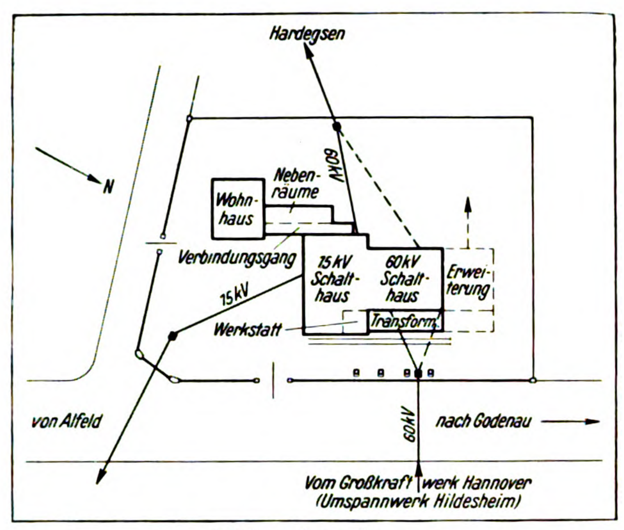


Bild 3. Lageplan.



Bild 4. Außenansicht.

reicht, daß auf dem ganzen Gelände (Bild 3) vor den Kammern durch Verwendung von Flaschenzügen die Trans≈formatoren bequem an≈ und abbefördert werden können.

Das Schaltungsschema der Anlage geht aus Bild 6 hervor. Die Ausführung der Apparate entspricht den Richtlinien des VDE. Sie sind so bemessen, daß sie die betriebsmäßig vorkommenden Überströme und Überspannungen, ohne Schaden zu erleiden, aufnehmen. An Meßgeräten sind außer Spannungszeigern für die 60 kV≈Fernleitungen Strom≈zeiger und für die 15 kV≈Leitungen Stromzeiger und regi≈strierende Zähler für Wirk≈ und Blindverbrauch sowie ein Phasenmesser für die Überwachung der Phasenverschiebung in den einzelnen Freileitungen vorgesehen.

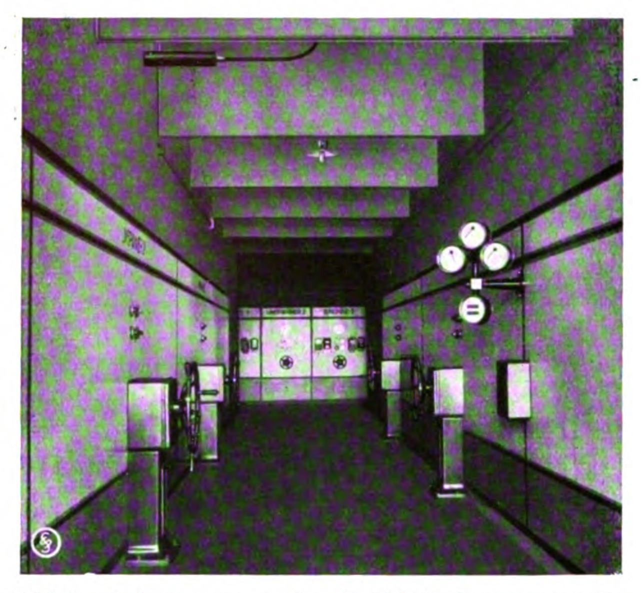


Bild 5. Bedienungsgang der 60 kV≈Hochspannungsseite.

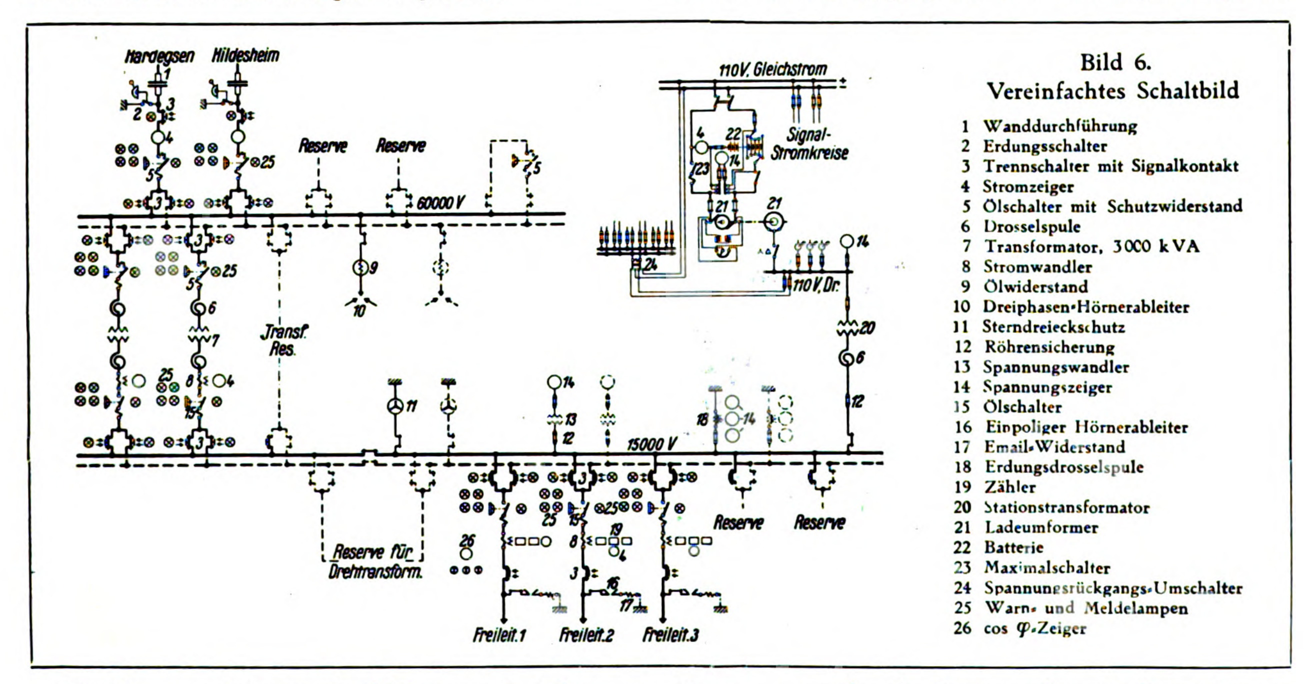


Bild 6.
Vereinfachtes Schaltbild

1 Wanddurchführung
2 Erdungsschalter
3 Trennschalter mit Signalkontakt
4 Stromzeiger
5 Ölschalter mit Schutzwiderstand
6 Drosselspule
7 Transformator, 3000 kVA
8 Stromwandler
9 Ölwiderstand
10 Dreiphasen≈Hörnerableiter
11 Sterndreieckschutz
12 Röhrensicherung
13 Spannungswandler
14 Spannungszeiger
15 Ölschalter
16 Einpoliger Hörnerableiter
17 Email≈Widerstand
18 Erdungsdrosselspule
19 Zähler
20 Stationstransformator
21 Ladeumformer
22 Batterie
23 Maximalschalter
24 Spannungsrückgangs≈Umschalter
25 Warn≈ und Meldelampen
26 cos φ≈Zeiger

Die Wand≈ und Deckendurchführungen bestehen aus Repelit und sind nach dem Kondensatorprinzip ausgeführt, so daß es möglich ist, mittels des Ladestromes, also ohne Spannungswandler, die Spannung der einzelnen Leitungen gegen Erde zu messen und außerdem die Leitungen parallel zu schalten. Im vorliegenden Falle ist die Messung

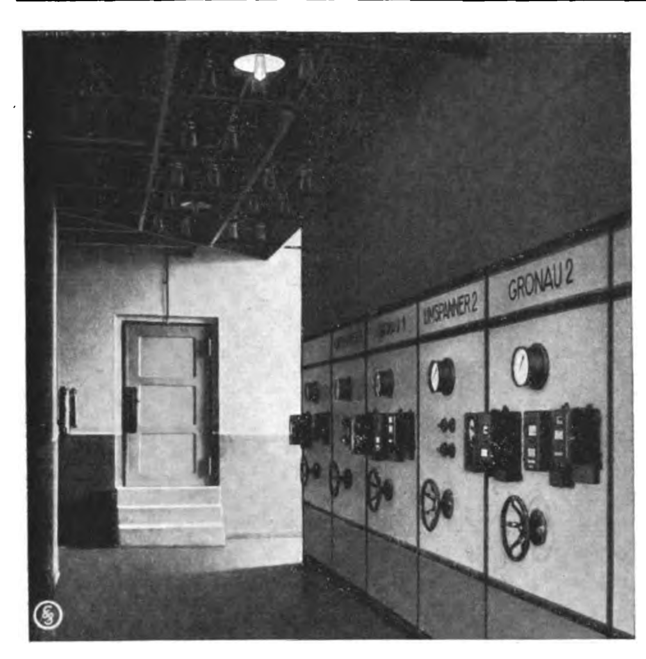


Bild 7. Leitungsführung von den Transformatoren und Meßtafel.

und Parallelschaltung der beiden 60 kV-Freileitungen möglich.

Zum Schutze der Anlage gegen Überspannungen, hervorgerufen durch atmosphärische Einflüsse, Erdschlüsse und Schaltvorgänge, wurden Schutzdrosselspulen und Widerstände mit Hörnerableitern vorgesehen. Zur dauernden Abführung statischer Ladungen im 15 kV-Netz dienen Erdungsdrosselspulen, die in Verbindung mit Spannungszeigern gleichzeitig zur Erdschlußprüfung verwendet werden.

Für den Eigenbedarf des Umspannwerkes, wie Beleuchtung, Heizung, Lüftung und die Signalanlagen, dient ein Transformator von 10 kVA Leistung, eine Akkumulatorenbatterie von 54 Amperestunden sowie ein Motorgenerator zum Laden der Batterie.

Die Signalanlage besteht aus verschiedenen Lampengruppen, einer Signalglocke und einer Hupe, die von der Akkumulatorenbatterie gespeist werden. Die eine der



Bild 8. Wohnhaus (rechts) für das Bedienungspersonal.

Lampengruppen kennzeichnet die Stellung der Ölschalter an der Bedienungsschaltwand, eine andere die Stellung der Trenn- und Ölschalter in den einzelnen Zellen, um ohne Gefahr hieran arbeiten zu können, eine dritte zeigt an, welches Sammelschienensystem eingeschaltet ist. Die Signalglocke ertönt, wenn infolge Überstrom ein Ölschalter zum Auslösen gebracht wird oder die Öltemperatur der Transformatoren über das zulässige Maß steigt, während die Hupe Erdschluß im 15 kV-Freileitungsnetz meldet. Von der Anwendung noch weitergehender Signaleinrichtungen wurde auf Wunsch der erbauenden Behörde teils aus Ersparnisgründen, teils aus betrieblichen Rücksichten abgesehen.

Die Beleuchtungsanlage schaltet sich vom Stationstransformator selbsttätig um auf die Akkumulatorenbatterie, wenn die Drehstromspannung ausbleibt.

Für Instandsetzungsarbeiten an den elektrischen Schaltern und Apparaten ist eine geräumige Werkstätte an der Südostecke des Gebäudes vorgesehen. Mittels des vorher erwähnten Transformatorenwagens können hier etwa beschädigte Transformatoren eingefahren werden. Falls ein Herausheben des Kernes sich als nötig erweisen sollte, steht hierzu ein im Obergeschoß aufgehängter schwerer Flaschenzug zur Verfügung. Die Decke zwischen Erdgeschoß und Obergeschoß ist zu diesem Zwecke mit einem Ausschnitt versehen, der in der Regel durch eine Verschlußplatte abgedeckt ist. Während der untere Werkstattraum außer für Reparaturen an Transformatoren für gröbere Arbeiten bestimmt ist, können im Obergeschoß der Werkstätte kleinere Instandsetzungen vorgenommen werden; auch hat hier das Reserveteillager seinen Platz gefunden.

Zur Unterbringung des Bedienungspersonals ist unmittelbar neben dem eigentlichen Umspannwerk ein Wohnhaus mit zugehörigen Nebengebäuden errichtet worden (Bild 8).

Nach Fertigstellung der Pläne wurde mit dem Bau noch im November 1922 unter staatlicher Leitung begonnen. Trotz des sehr nassen Winters und eines einmonatigen Stillstandes der Arbeiten infolge strengen Frostes wurde der Bau dennoch so gefördert, daß das Werk am 25. Juli 1923 zum ersten Male mit bestem Erfolge unter Spannung gesetzt werden konnte. Im August 1923 wurde der regelmäßige Betrieb aufgenommen. Die Anlage hat im Laufe des zurückliegenden Jahres anstandslos gearbeitet. Das Werk ist nach der durch Gesetz erfolgten Auflösung der Staatlichen Elektrizitätsverwaltung und der dieser unterstellten Elektrizitätsämter Ende 1923 in den Besitz der Großkraftwerk Hannover A. G. in Hannover übergegangen.

Das Siemensbandmikrophon beim Münchener und Stuttgarter Rundfunksender.

Die „Deutsche Stunde in Bayern" hat ihren Hörerkreis die Frage entscheiden lassen, welchem Aufnahmeapparat für die Übertragung der Rundfunkdarbietungen der Vorzug zu geben sei. Zu diesem Zwecke wurden in München dieselben Musikstücke je eine halbe Stunde über zwei verschiedene Aufnahmeapparate übertragen, ohne daß den Zuhörern bekanntgegeben war, welches Gerät jeweilig benutzt wurde. Die überwiegende Mehrzahl der bayerischen Rundfunkgemeinde hat sich für das Bändchenmikrophon entschieden. Auch beim Stuttgarter Sender ist im Monat September v. J. das lang erwartete Siemensbandmikrophon

in Betrieb genommen worden und hat die württembergischen Funkfreunde durch seine klangreine Übertragung freudig überrascht.

Feuermeldezentralen für Berlin.

Die Feuerwehr Berlin bestellte zwei vollständige Zentraleinrichtungen nach dem Siemenssystem III für die Kompagniewache 5 und die Zugwache 19. Mit der Einrichtung dieser Wachen wird ein wesentlicher Teil der von Siemens & Halske schon vor 60 Jahren in Berlin eingerichteten Feuetmeldeanlagen nach den neuesten Gesichtspunkten umgestaltet. Die Zentraleinrichtungen für die beiden Wachen 5 und 19 sind mit optischer und akustischer Angabe der Meldernummer ausgerüstet. Die Wachen stehen durch Fernsprech- und Übertragungseinrichtung untereinander und über die Hauptzentrale in Verbindung. Die Hauptzentrale soll im nächsten Jahre neu eingerichtet werden. Der Gesamtausbau der Berliner Feuermeldeanlage wird nunmehr in Angriff genommen, nachdem die von Siemens & Halske im Jahre 1914 in der Wache Oderberger Straße eingerichtete Feuermeldeanlage sich gut bewährt hat.

Selbsttätige Stadtfernsprechanlage für Bern.

Die Siemens & Halske A.-G. hat kürzlich von der Schweizer Obertelegraphendirektion den Auftrag erhalten, das handbediente Berner Hauptfernsprechamt „Bollwerk" auf Selbstanschlußbetrieb umzustellen. Es ist ein neues vollautomatisches Amt für 4400 Anschlußleitungen vorgesehen, das sich auf 9000 Anschlußleitungen erweitern läßt. An das Amt werden zwei neue vollautomatische Unterämter, Könitz mit 400 und Ostermundingen mit 300 Leitungen, angeschlossen, die nach dem Umgehungssystem geschaltet werden. Die bereits als Nebenstellenzentralen bestehenden vier vollautomatischen Siemensanlagen (1000-er System) in dem Bundeshause, der Obertelegraphendirektion, der Direktion der Bundesbahn und der Schweizer Volksbank werden später gleichfalls als Unterzentralen des automatischen Amtes „Bollwerk" betrieben werden.

Gleichzeitig soll in dem handbedienten Amtsteil, der vorläufig mit 6000 Anschlüssen bestehen bleibt, eine Betriebsverbesserung durch selbsttätige Verteilung der Anrufe über Anrufsucher erfolgen, womit auch eine wesentliche Verminderung des Bedienungspersonals erzielt wird.

Der Verbindungsverkehr vom Handamt nach dem automatischen Amt erfolgt halbautomatisch über Tastaturenplätze und Zahlengeber, der Verbindungsverkehr in umgekehrter Richtung über Beamtinnen, die ohne abzufragen auf optische Nummernanzeige hin die gewünschten Verbindungen mit dem Handamte herstellen.

Die Fernverbindungen der Ortsteilnehmer werden von der Fernbeamtin ohne Zuhilfenahme einer Vorschaltebeamtin mittels Tastatur- und Zahlengeber über Orts- und Fernleitungswähler ausgeführt.

In den neuen Ämtern wird zum ersten Male eine aus den jahrelangen Erfahrungen der Firma auf dem Gebiete der automatischen Telephonie entstandene Wählerkonstruktion in Betrieb gelangen, mit den Vorzügen geringen Raumbedarfes und einfachster Montage. Sie gestattet, daß zunächst nur die Gestelle und die Systemkabel montiert und erst nach Beendigung dieser Arbeit die Wähler und sonstigen Apparate eingesetzt werden. Es kann also bereits vor Fertigstellung der Wähler usw. in der Fabrik mit der Montage an Ort und Stelle begonnen werden. Insbesondere wird durch die neue Wählertype, bei der trotz äußerst gedrungener Bauart alle Teile des Wählers und Kontaktfeldes offen zugänglich sind, auch die Pflege des Amtes sehr erleichtert.

Pupinkabel für die Großfunkenstation Rio de Janeiro.

Auf Grund der ausgezeichneten Betriebserfahrungen mit der von der Siemens & Halske A.-G. im vorigen Jahre gelieferten Pupinkabelanlage für die argentinische Großfunkenstation Buenos Aires erhielten Siemens & Halske A.-G. kürzlich den Auftrag auf Lieferung der Pupinkabelanlage für die Großfunkenstation Rio de Janeiro, die zur Zeit gebaut wird. Die Kabelanlage dient zur Verbindung der Betriebszentrale mit der 60 km entfernten Sendestation und der 27 km entfernten Empfangsstation. Die Kabel dienen nicht nur der Fernsprechverständigung, sondern auch der Übermittlung der funkentelegraphisch aufgenommenen Zeichen und zur Ferntastung des Senders von der Betriebszentrale aus. Die Anlage wird zum Teil als Luftkabel und zum Teil als Erdkabel verlegt werden. Das Kabel nach der Sendestation wird acht Paare mit einer Leiterstärke von 1,3 mm und Pupinisierung erhalten. Das Kabel nach der Empfangsstation wird mit 14 Paaren von 1,0 mm Leiterstärke ausgerüstet werden. Die Kabelanlage wird noch im Laufe dieses Jahres geliefert.

Japanisches Pupin-Fernkabel Osaka—Kyoto.

Das durch die Siemens & Halske A.-G. für das japanische Verkehrsministerium gelieferte Pupin-Fernkabel Osaka—Kyoto wurde Anfang Oktober v. J. betriebsfertig der japanischen Verwaltung übergeben und der Betrieb auf dem Kabel eröffnet. Die gesamte Fernkabelanlage, bestehend aus einem 56 km langen 98paarigen Fernkabel mit 40 Doppelleitungen von 1,4 mm Leiterstärke und 58 Doppelleitungen von 0,9 mm Leiterstärke, einschließlich vollständiger Stamm- und Viererpupinisierung und den erforderlichen Ausgleichmitteln wurde im Sommer 1923 von der Siemens & Halske A.-G. nach Japan geliefert und dort unter der Leitung einiger Spezialingenieure verlegt und montiert. Bei den Abnahmemessungen durch das japanische Verkehrsministerium ergab sich, daß die garantierten elektrischen Werte völlig innegehalten wurden, so daß die japanische Verwaltung ihre Zufriedenheit über die gelieferte Anlage ausdrückte. Das Kabel Osaka—Kyoto ist die erste von den Siemenswerken für die japanische Telegraphenverwaltung gelieferte Fernkabelanlage.

Selbsttätige Telephonie in Ostasien.

Gegen Ende September 1924 ist der Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk F, vom Japanischen Verkehrsministerium in Tokio der Auftrag erteilt worden, in Yokohama zwei Selbst-



anschlußämter zu errichten von insgesamt 12000 Anschlüssen. Der Auftrag wurde auf dem Wege der öffentlichen Ausschreibung vergeben; die Siemens & Halske A.-G. hatte dabei hauptsächlich gegen englischen Wettbewerb zu kämpfen.

Es wird nunmehr von Mitte 1925 ab in Yokohama in den Stadtteilen Honkyoku und Chojamachi je ein selbsttätiges Amt von 6000 Anschlußleitungen installiert werden. Die Arbeiten sind sehr dringend, da fast sämtliche Fernsprecheinrichtungen in Yokohama durch das große Erdbeben zerstört worden sind. Damit zukünftig bei ähnlichen Katastrophen die Zerstörungen nicht in so ungeheurem Umfange auftreten, werden die neuen Amtseinrichtungen möglichst weitgehend gegen Erdbebengefahr besonders gesichert.

Bei dem Bau der Ämter werden die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiete der selbsttätigen Fernsprechtechnik nutzbringend angewandt werden. So wird vor allen Dingen der Fernverkehr vollautomatisch über Wähler abgewickelt. Auch den besonderen klimatischen Verhältnissen wird durch Verwendung bestimmter Materialien Rechnung getragen werden.

Fernsprechanlage Eisenbahndirektion Magdeburg.

Bei der Eisenbahndirektion Magdeburg wurde am 18. Oktober 1924 eine selbsttätige Fernsprechanlage dem Verkehr übergeben. Die Anlage ist für 800 Anschlüsse eingerichtet und nach dem System der Siemens & Halske A.-G., das sich seit Jahren in zahlreichen öffentlichen Ämtern und Privatanlagen bestens bewährt hat, ausgeführt. Auf die Eigenart des Bahnfernsprechverkehrs ist besondere Rücksicht genommen worden; so erhalten sämtliche Teilnehmer durch Wählen einer entsprechenden Zahl Verbindungen mit den bahneigenen Fernleitungen nach den außenliegenden Dienststellen der Eisenbahn. Eine Vermittlung findet nur bei den von außen einlaufenden Gesprächen statt, und zwar hat die Beamtin lediglich an einer Tastenvorrichtung die Anschlußnummer des betreffenden Teilnehmers einzustellen, worauf die Wähler selbsttätig die Verbindung herstellen.

Die Anlage kann mit dem geringsten Aufwand an Bedienungspersonal betrieben werden, ergibt also erhebliche Ersparnisse.

Das System ist auch in den übrigen Direktionsbezirken der Reichsbahndirektion eingeführt.

Pupinkabel Oslo (Kristiania)—Ski für die norwegische Staatstelegraphenverwaltung.

Im Dezember 1924 wurde der norwegischen Staatstelegraphenverwaltung die von der Siemens & Halske A.-G. fertiggestellte Pupinkabelanlage Oslo (Kristiania)—Ski betriebsfertig übergeben. Die Anlage dient dem Fernsprech- und Telegraphenverkehr von Oslo in südlicher Richtung und umfaßt rund 55 km pupinisiertes 56paariges Fernsprechkabel, rund 29 km pupinisiertes 155paariges Fernsprechkabel und rund 26 km unpupinisiertes 55paariges Kabel. Die Kabel enthalten 1,4 und 0,9 mm starke Leiter und sind in den Stamm- und Vierersprechkreisen pupinisiert.

Der Nebensprechausgleich erfolgt nach dem der Siemens & Halske A.-G. durch Patente geschützten Verfahren durch Einschalten von Ausgleichkondensatoren. Die Abnahmemessungen der norwegischen Telegraphenverwaltung zeigten, daß die Kabel alle vertraglich vorgeschriebenen Bedingungen vollständig erfüllen. Insbesondere liegen die Dämpfungswerte noch erheblich günstiger als die Garantiewerte. Die gute Isolation der fertigen Anlage zeigt, daß auch die Montagearbeiten in ausgezeichneter Weise durchgeführt worden sind.

Wasserkraftanlage Oberschloßmühle Sagan.

Die gesamte Projektierung und Konzessionsbearbeitung des neuen Kraftwerkes wurde von dem Herzogl. Bauamt Sagan den SSW übertragen, die im Frühjahr 1923 auch den Auftrag auf den maschinellen und elektrischen Teil erhielten, während die Ausführung des baulichen Teiles der Siemens-Bauunion übertragen wurde.

Ende November 1924 wurde die Anlage in Betrieb gesetzt. Sie nützt das Gefälle des Bober am alten Oberschloßmühlenwehr mit vorläufig 2,4 m Gefälle aus (Bild 1). Für später ist eine Gefällserhöhung auf 4,10 m vorgesehen und bereits konzessioniert. Hierzu muß das jetzige alte Holzwehr durch ein neuzeitliches Betonwehr mit zwei eisernen Schützen von je 23 m Lichtweite und 2,6 m Höhe ersetzt werden. Ferner muß das etwa 150 m oberhalb liegende einen Seitenarm abschließende, sogenannte Steinwehr von 40,3 m Lichtweite entsprechend erhöht werden.

Das neue Kraftwerk ist für den Einbau von drei Maschinensätzen vorgesehen. Vorläufig ist erst eine Francis-Turbine eingebaut, die bei 2,4 m Gefälle 11,8 m^3/s verarbeitet, 296,5 PS leistet und bei 63,3 Umdrehungen in der Minute mittels Citroënrädern (Übersetzung 1 : 6,7) ein Vorgelege und mittels elastischer Kupplung einen SSW-Generator mit 428 Umdr/min antreibt.

Die SSW gaben den turbinentechnischen Teil an die Firma J. M. Voith in Heidenheim und die Lieferung der großen Grundablaßschütze von 4 m Lichtweite und vorerst 3,90 m, später 5,85 m Höhe an die Firma Freund in Charlottenburg bzw. an die Dortmunder Union in Auftrag.



Bild 1. Lageplan.

Da die gesamte Stromerzeugung des ersten Maschinensatzes bereits an die Stadt Sagan und die Überlandzentrale abgegeben wird, soll in Bälde ein weiterer Maschinensatz aufgestellt und das neue Wehr in Angriff genommen werden. Im Vollausbau wird die Anlage bei 4,15 m Gefälle und drei Turbinen von je 685 PS über 2000 PS leisten.

Berichtigung.

In Heft 11/12 des vorigen Jahrganges sind in dem Aufsatz: „Die kompensierten Motoren der SSW auf den Ausstellungen des Jahres 1924" die Bilder 5 (Schaltung des Osnosmotors) mit Bild 12 (Schaltung des Drehstrom-Nebenschlußmotors) vertauscht worden.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.

SIEMENS-ZEITSCHRIFT

SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT

SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

2. HEFT * BERLIN / FEBRUAR 1925 * JAHRGANG 5

Über das Wesen der Druckdifferenzmessung

Ein Beitrag zur Lösung der Frage Staurand, Düse oder Venturirohr.

Von Dr.-Ing. A. Grunwald, Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk.

In der Dampf-, Gas- und Flüssigkeits-Messung nehmen nach dem augenblicklichen Stand der Technik die drei Meßorgane Staurand, Düse und Venturirohr den ersten Platz ein. Sie gehören zu den Mündungsmessern, und deren Prinzip ist heute besonders bei der Dampfmessung vorherrschend. Gerade hier treten die übrigen Arten, wie z. B. die Schwimmermesser, in den Hintergrund. In früher Erkenntnis dieser Tatsachen haben daher Siemens & Halske der Entwicklung der drei Meßgeräte besondere Sorgfalt zugewandt.

Bei Betrachtung der Eigenschaften der drei Meßgeräte nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten ergibt sich für jedes Meßorgan ein gewisses abgegrenztes Verwendungsgebiet, so daß nicht ein Meßgerät den anderen gegenüber als für alle Fälle überlegen angesehen werden kann.

Das Meßverfahren wird für den jeweils vorliegenden Betriebsfall nach folgenden Gesichtspunkten zu bewerten sein, nämlich

1. dem Energieverlust, soweit er von dem Meßverfahren bedingt ist;
2. der Meßgenauigkeit, unter gleichzeitiger Berücksichtigung der Betriebssicherheit;
3. den Kosten bei der Anschaffung des Meßorgans und
4. den Einbauverhältnissen.

Das Wesen der Druckdifferenzmesser und die sich hieraus ergebenden Anforderungen an die Meßorgane.

Bei jedem der drei Meßgeräte entsteht eine Druckdifferenz, und diese wird dazu verwendet, die Anzeige- und Registrier-Apparate zu betätigen. Die Größe der Druckdifferenz ist indirekt ein Maß für die Durchflußmenge.

Die Grundlage für die Ermittlung der Durchflußmenge gibt das Gesetz, daß die Durchflußmenge Q gleich dem Produkt aus dem Querschnitt F und der zugehörigen Geschwindigkeit v ist. Da nun der Querschnitt ohne weiteres gegeben ist, wird es sich nur darum handeln, die Geschwindigkeit v zu bestimmen. Dies geschieht dadurch, daß an der Meßstelle eine Druckdifferenz H erzeugt wird; der Zusammenhang zwischen der Druckdifferenz und der Geschwindigkeit ist annähernd durch die Beziehung $v = \sqrt{2gH}$ gegeben[1]).

Die zur Berechnung von v notwendige Druckdifferenz wird durch eine Einschnürung hervorgerufen. Schon eine Überlegung, wie sich die Strömung ganz allgemein einer Einschnürung gegenüber verhält, wird einen Anhalt für die Beurteilung der einzelnen einschnürenden Meßorgane geben können.

Zu diesem Zweck sei der Verlauf einer Strömung betrachtet, die durch irgendeine Ursache plötzlich eingeschnürt werde. Dann ist anzunehmen, daß sich ein Stromverlauf ähnlich Bild 1 herausbilden wird[2]). Die Einschnürung sowie die darauffolgende Erweiterung auf den Rohrdurchmesser werden allmählich vor sich gehen. Ist diese Einschnürung nun, wie unserer theoretischen Überlegung zugrunde gelegt ist, durch eine nur gedachte, den Querschnitt verengende

[1]) Näheres s. Schüle, Technische Thermodynamik, Band 1, Berlin 1921, Abschnitt 4; Strömende Bewegung der Gase und Dämpfe.

Lorenz, Lehrbuch der technischen Physik, Band 3; Technische Hydromechanik; München u. Wien 1910, S. 65.

[2]) Siehe auch: Litinsky, Messung großer Gasmengen; Leipzig 1922, S. 157, Fig. 105.

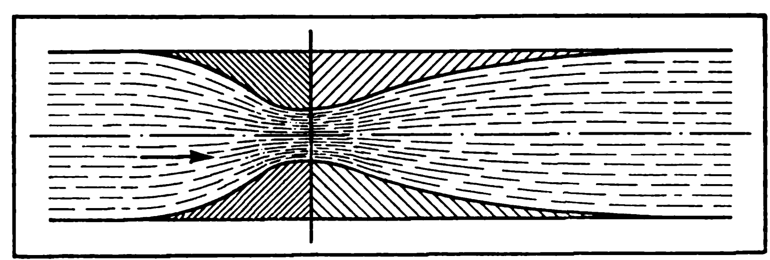


Bild 1. Verlauf der Strömung vor und hinter einer Einschnürung.

Zwischenwand ohne räumliche Ausdehnung erfolgt, so werden vor und hinter ihr große freie Räume entstehen, die zu Wirbelbildungen und damit zu Energieverlusten Anlaß geben.

Diesem Zustand kommt der am nächsten, wie er bei Staurändern wirklich eintritt. Denken wir uns den freien Raum vor der Einschnürung mit Material ausgefüllt, so findet man den Übergang zur Düse; und füllt man schließlich auch den freien Raum hinter der Einschnürung aus, so entsteht das Auslaufrohr eines Venturirohres. Daraus ergibt sich schon von selbst eine Einteilung der drei Meßorgane.

Hinsichtlich des Stoßverlustes zeigt sich bei weiterer Betrachtung, daß man der Umwandlung von Geschwindigkeit in Druck wegen der Geschwindigkeitsabnahme und des damit verbundenen Nachdrängens schneller bewegter Wasserteilchen [1]) besondere Sorgfalt zuwenden muß.

Bei dem umgekehrten Vorgang, der Umwandlung von Druck in Geschwindigkeit, hingegen wird auf eine Wasserführung der größte Wert zu legen sein, die ein Ablösen des Strahls möglichst vermeidet und ferner geringe Wandungsreibung veranlaßt. Dies führt zum Problem der Kontraktionszahl und des Beiwertes der Meßorgane.

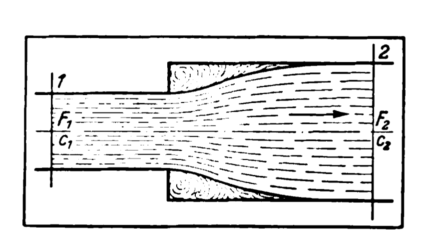


Bild 2. Plötzliche Querschnittserweiterung.

Auch Mises [2]) weist darauf hin, daß allmähliche Abnahme des Querschnitts einer Leitung ohne großen Einfluß auf den Energieverlust ist. Eine gewisse Analogie zu den in der Praxis vorkommenden, von uns behandelten Fällen schafft die von ihm betrachtete Erweiterung (Bild 2) und Verengung (Bild 3), für deren Verlusthöhe er die allgemeine Formel [1])

$$h_v = \eta_S \frac{(\bar{c}_1 - \bar{c}_2)^2}{2\,g} \text{ od. } h_v = \eta_S \frac{c_1^2 + c_2^2 + 2 c_1 c_2 \cdot \cos\delta}{2\,g} \; {}^{2)}$$

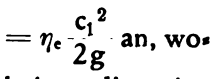
aufstellt, wobei c_1 und c_2 die absoluten Beträge der beiden Geschwindigkeiten bedeuten und $\cos\delta$ eine unter Umständen gleichzeitig auftretende Richtungsänderung berücksichtigt. Da bei den von uns betrachteten Fällen aber stets nur eine Querschnittsänderung allein auftritt, nimmt $\cos\delta$ für eine gestreckte Rohrleitung ($180° = \delta$) den Wert -1 an, womit die Gleichung in die Form

$$h_v = \eta_S \frac{c_1^2 + c_2^2 - 2 c_1 c_2}{2\,g}$$

übergeht.

Der Erfahrungswert η_S wird von ihm für den Fall der Erweiterung mit 1,2 bis 1,3 angegeben, während er für die Verengung nur 0,4 bis 0,5 beträgt. Danach führt Mises selbst den Fall der Drosselung nach Bild 4 an und sagt, daß man mit den eben angeführten Fällen gute Übereinstimmung erhielte, wenn man lediglich die Querschnittserweiterung (von F_1 auf F_2) als energieverzehrend in Rechnung setze.

Für ein konisches Auslaufrohr [3]) (also ähnlich wie bei der Venturimessung) gibt er eine Verlusthöhe von h_v



$= \eta_e \frac{c_1^2}{2g}$ an, wobei c_1 die mittlere Geschwindigkeit im engen Teil bedeutet.

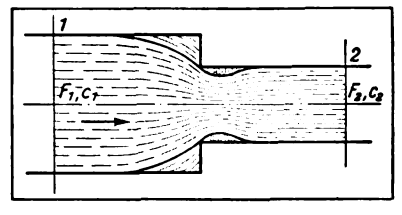


Bild 3. Plötzliche Querschnittsverengung.

[1]) Weil, Neue Grundlagen der technischen Hydromechanik; München und Berlin 1920, S. 156.
Budau, Kurzgefaßtes Lehrbuch der Hydraulik; Wien und Leipzig 1920, S. 159/160.
Lorenz, a. a. O., S. 82, § 12; Der hydraulische Stoß.

[2]) Mises, Elemente der technischen Hydromechanik; Leipzig und Berlin 1914, S. 166.

[1]) Mises, a. a. O., S. 170.

[2]) $\bar{c}_1$ und $\bar{c}_2$ bedeuten Geschwindigkeitsvektoren.

[3]) Mises, a. a. O. S. 159 und 167.
Forchheimer, Grundriß der Hydraulik, Berlin 1920, S. 42.
Kriemler, Hydraulik, Stuttgart 1920, S 61—63.

Um die Größenordnung des Faktors η_e erkennen zu lassen, ist ein Versuch von Stanton erwähnt, nach dem $\eta_e = 0{,}17$ zu setzen ist.

Aus diesen rein theoretischen Überlegungen geht hervor, daß bei der Einschnürung die Größe des Beiwertes in den Vordergrund tritt, während für die Erweiterung die Verluste maßgebend bleiben.

Damit sind die beiden wichtigsten Begriffe gegeben, die bei Anwendung der Druckdifferenz-Messung zur Beurteilung eines Primärorgans dienen.

Die Messung mittels Staurandes.

Das einfachste Mittel, den Dampfstrom zur Stauung zu bringen, ist der Staurand, eine Drosselscheibe mit kreisförmiger Öffnung.

Bei einem solchen Staurand kann nun die Beobachtung gemacht werden, daß sich der Dampf-, Gas- oder Flüssigkeitsstrahl noch über den Querschnitt des Staurandes hinaus einschnürt (Bild 5)[1]. Die jetzt gegen die Düsenachse gerichteten Teilchen des strömenden Stoffes können sich nicht sofort von dem Staurand ablösen, sondern verharren infolge ihres Trägheitsvermögens noch in der ihnen erteilten Richtung, um sich dann, nach allmählicher Erweiterung auf den Rohrdurchmesser, wieder parallel zur Rohrachse einzustellen.

Unter Beachtung der Kontinuitätsbedingung $Q = F \cdot w =$ const. hat die Erscheinung der Kontraktion zur Folge, daß die mittels des Druckunterschiedes im engsten Querschnitt ermittelte Geschwindigkeit mit einer Zahl, kleiner als 1, der Kontraktionszahl multipliziert werden muß, um die dem Meßquerschnitt (Querschnitt des Staurandes) entsprechende kleinere Geschwindigkeit zu erhalten, eine Tatsache, deren scharfes Erfassen für die meßtechnische Sicher-

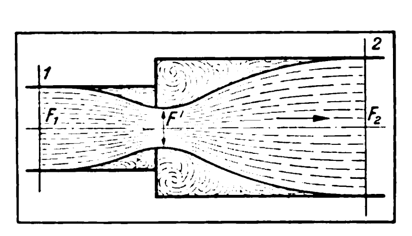


Bild 4. Drosselung.

[1]) Siehe auch: The orifice as a means of measuring flow of water through a pipe, published by the university of Illinois, Urbana. S. 11, Fig. 1.

Gramberg, Technische Messungen, Band I, Berlin 1920, S. 161.

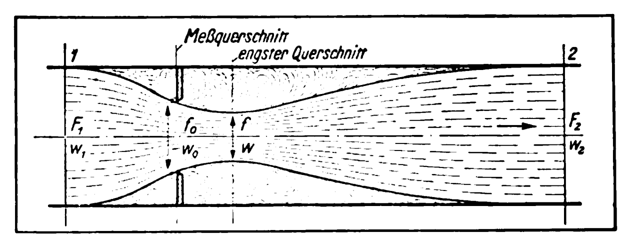


Bild 5. Verlauf der Einschnürung bei Verwendung eines Staurandes.

heit von weittragender Bedeutung sein muß. Es gehört also zum Meßquerschnitt eine geringere Geschwindigkeit als die unmittelbar ermittelte, und zwar ist aus der Kontinuitätsgleichung $f w = f_o w_o$ oder $w : w_o = f_o : f$ auch ersichtlich, daß die Größe der Kontraktion ein Maß für die Geschwindigkeitsverringerung ist.

Eine weitere Verringerung der Geschwindigkeit wird durch die Reibung an den Meßrändern verursacht. Dieser Einfluß ist aber wegen seiner geringen Größe bei den gewöhnlich vorkommenden Geschwindigkeiten praktisch belanglos[1]).

Die Frage nach der Kontraktion ist um so wichtiger, als diese auch für die Druckabnahme eine gewisse Rolle spielt; denn für die völlige Beherrschung des Meßvorganges wäre einmal die Kenntnis der Größe der Kontraktion und zum andern die Lage des engsten Querschnittes dem Querschnitt des Staurandes gegenüber erforderlich.

Allen diesen Umständen wird durch die Einführung des Beiwertes, der einem jeden Staurand eigen ist, Rechnung getragen.

Der Beiwert ist zu unterscheiden von der Kontraktionszahl; der erste Begriff ist der umfassendere, da er alle für die Messung in Betracht kommenden Einflüsse einschließlich Lage der Meßstellen umfaßt, während in der Kontraktionszahl nur die für die Einschnürung $m = \frac{fo}{F}$ maßgebenden Faktoren berücksichtigt werden[2]).

Die Ermittlung des Beiwertes stößt auf erhebliche Schwierigkeiten, da seine Größe, außer vom Einschnürungsverhältnis, wahrscheinlich auch

[1]) Litinsky, Messung großer Gasmengen, Leipzig 1922, S. 165.

[2]) Es handelt sich hier um außerordentlich spezielle Fragen, deren eingehendere Behandlung über den Rahmen dieser Arbeit hinausgeht und ihren Aufbau stören würde. Über diese Zusammenhänge wird daher später in einer besonderen Abhandlung ausführlich berichtet werden.



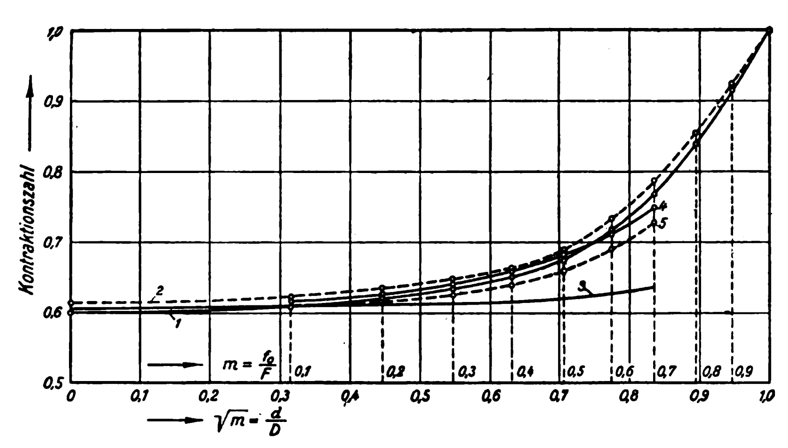


Bild 6. Die Kontraktionszahl in Abhängigkeit vom Einschnürungsverhältnis.

1. Für Luft nach A. O. Müller.
2. Für Wasser nach Weisbach.
3. Für Luft nach Hodgson.
4. Nach neueren amerikanischen Untersuchungen für 3" Rohr.
5. Nach neueren amerikanischen Untersuchungen für 12" Rohr.

noch von anderen Faktoren, wie Rohrdurchmesser[1]), Geschwindigkeit[2]), Form und Bearbeitung der Meßscheibe[3]) und schließlich von der Entfernung der Druckabnahmestellen vom Meßquerschnitt[4]) beeinflußt wird.

Zur Klärung aller dieser Fragen sind nur wenige wissenschaftliche Untersuchungen veröffentlicht worden, von denen sich die meisten darauf beschränken, die Abhängigkeit des Beiwertes vom Einschnürungsverhältnis, also den wesentlichsten Einfluß ausführlicher zu untersuchen. Über den Einfluß der anderen Faktoren lassen sie vielfach nur Vermutungen zu.

Hinsichtlich der Lage der Meßstellen schlägt Brandis die Anordnung der Meßöffnungen in der Nähe der Verengung vor, da hier eine Beeinflussung durch die Geschwindigkeitsdruckhöhe am geringsten und ferner die Berücksichtigung der Wandreibung unnötig sei.

Ferner haben Brandis und A. O. Müller festgestellt, daß für eine einwandfreie Messung vor und hinter der Meßstelle eine gewisse gerade Rohrstrecke (abhängig vom Rohrdurchmesser) erforderlich ist, um eine geregelte, über den Querschnitt gleichmäßig verteilte Strömung zu erhalten.

[1]) A. O. Müller, Wenzl u. Schwarz, im Gegensatz zu den Arbeiten von Brandis, der Universität Illinois und den neuesten amerikanischen Versuchen.

[2]) Wenzl und Schwarz.

[3]) In der gesamten Literatur erkannt und ausgeführt.

[4]) Die Versuche von Weisbach, A. O. Müller und neuere amerikanische Versuche.

Bild 6 zeigt für die Kontraktionszahl graphisch die Ergebnisse der Arbeiten von Weisbach, A. O. Müller, Hodgson und der neueren amerikanischen Versuche. Sie sind in dasselbe Kurvenblatt eingezeichnet, um ihre Abweichung voneinander zu zeigen. Alle geben die Kontraktionszahl in Abhängigkeit vom Einschnürungsverhältnis an.

Hinsichtlich des Einflusses des Rohrdurchmessers vertritt Brandis den Standpunkt, daß sich der Kontraktions-Koeffizient mit dem Durchmesser der Leitung ändert, wahrscheinlich infolge sich ändernder Abweichung der Stromfäden von der axialen Richtung.

Während sich die umfangreichen deutschen Arbeiten auch mit benachbarten Gebieten, wie z. B. den Ausströmvorgängen aus Gefäßen usw., beschäftigen, umfaßt die an der Universität Illinois angestellte Untersuchung nur Messungen von Durchflußmengen in geschlossenen Röhren. Die Versuche sind mit zwei Arten von Staurändern durchgeführt: einmal mit kantigen (square-edged), zum anderen mit schrägen (bevel-edged) Staurändern. In dieser Abhandlung ist besonderer Wert auf den Einfluß des Rohrdurchmessers gelegt.

In Deutschland neigt man wohl hinsichtlich des Einflusses des Rohrdurchmessers zu der Ansicht, daß der Beiwert unabhängig vom Durchmesser ist. Diese Annahme kommt auch in einer Abhandlung der Wärmestelle der Gutehoffnungshütte von Wenzl und Schwarz zum Ausdruck[1]):

„Die Übereinstimmung der Versuchsergebnisse bei allen drei Rohrweiten, sowie mit den Werten von A. O. Müller, dessen Rohrleitung 82 mm breit war, läßt den Schluß zu, daß die Einschnürung, im Gegensatz zur Auffassung von Brandis, unterhalb 1500 mm l. W. vom Rohrdurchmesser nicht abhängt."

In Amerika ist man zu anderen Schlüssen gekommen. Die amerikanische Schrift gibt an, daß mit wachsendem Rohrdurchmesser und steigendem Druck ein Fallen des Beiwertes verbunden ist. Hinsichtlich der Abhängigkeit vom Querschnittsverhältnis ist die Untersuchung zu

[1]) Wenzl und Schwarz, Messung großer Gasmengen; Z. d. V. D. J., Nr. 51/52 vom 23. 12. 1922, S. 1130.

recht auffälligen Ergebnissen gekommen. Die Kurven zeigen eine Einsattlung und stehen damit im Gegensatz zu allen anderen Arbeiten, die mit wachsendem Querschnittsverhältnis stetiges Anwachsen[1]) der Kontraktionszahl ermittelt haben. Wichtig ist ferner die Feststellung, daß schräge Stauscheiben (bevel-edged orifices) eine höherliegende Kontraktionszahl haben als kantige Stauscheiben (square-edged).

Somit liefern alle diese Untersuchungen nur Beiträge zur Lösung der verschiedenen Aufgaben. Obwohl sich die Ergebnisse teilweise sogar widersprechen, liegt doch der Wert der Untersuchungen darin, daß sie die Richtung zur Lösung der vorliegenden Frage gewiesen haben. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse zu einem Gesamtbild muß an der Verschiedenheit der Versuchsbedingungen scheitern. Da ein Einfluß der verschiedensten Faktoren angenommen werden muß, ist die Veränderlichkeit des Beiwertes nur durch mehrere Kurvenscharen darzustellen. Eine gründliche Klärung der ganzen Frage kann also nur durch Versuche weit größeren Umfanges erwartet werden, die alle diese Einflüsse gleichzeitig mit in den Kreis der Betrachtung ziehen. Derartige Untersuchungen sind nun in den letzten Jahren in Amerika von interessierten Stellen unternommen worden. Man ist dabei derart vorgegangen, daß man einige der beeinflussenden Faktoren konstant hielt, während die anderen variiert wurden. Indem dieses Verfahren der Reihe nach auf alle Faktoren angewendet wurde, ergab sich der Einfluß eines jeden Faktors für sich. Nach diesen Untersuchungen entsteht folgendes Bild:

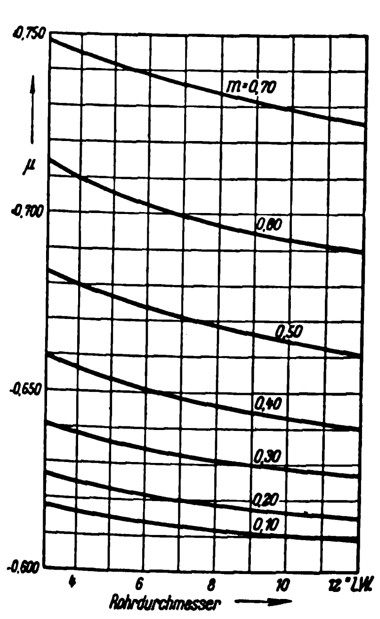


Bild 7. Die Kontraktionszahl μ in Abhängigkeit vom Rohrdurchmesser.

Einfluß des Rohrdurchmessers (Bild 7): „Die Kontraktionszahl ist vom Durchmesser abhängig, und zwar in der Weise, daß er mit steigendem Rohrdurchmesser abnimmt. Diese Veränderlichkeit ist bei großen Werten für das Querschnittsverhältnis m stärker als bei kleinen Werten."

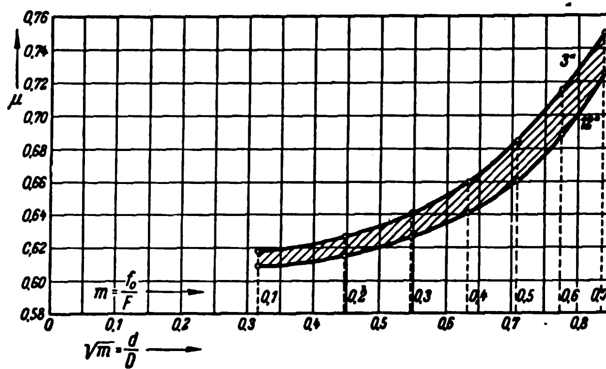


Bild 8. Abhängigkeit der Kontraktionszahl μ vom Einschnürungsverhältnis m und vom Rohrdurchmesser d nach neueren amerikanischen Untersuchungen.

Einfluß der Geschwindigkeit[1]): „Bei Verwendung eines reibungslosen Staurandes, der aus einem dünnen Blech gefertigt ist, bzw. dessen Öffnung zu einer scharfen Kante abgeschrägt ist, bleibt die Geschwindigkeitsänderung ohne merklichen Einfluß."

Einfluß der Entfernung der Druckentnahmestellen vor und hinter dem Staurand: „Für die hintere Druckentnahme ergeben sich als günstig die Entfernungen von etwa 0,5d bis 1d oder 4d bis 5d. Zwischen diesen Werten ist ein starkes Ansteigen der Beiwerte zu beobachten, so daß schon geringere Änderungen in der Entfernung der Entnahmestellen wesentliche Änderungen des Beiwertes zur Folge haben, und damit liegt in diesem Bereich eine Unsicherheit, die jedoch bei den oben angegebenen Werten vermieden wird.

Für die vordere Druckentnahmestelle bleibt die Entfernung ohne merklichen Einfluß, wenigstens bei Querschnittsverhältnissen unter 0,3. Bei höheren Werten empfiehlt sich die Abnahme in einer Entfernung von mindestens 1d."

In Bild 8 ist die Abhängigkeit des Korrektions-Koeffizienten vom Einschnürungsverhältnis m für die Rohrweiten 3" und 12" wiedergegeben. Alle übrigen Werte für dazwischen liegende Rohrweiten liegen in dem schraffierten Bereich.

Damit ist die Untersuchung über den Beiwert für den Staurand zu einem gewissen Ab-

[1]) Bild 6 auf S. 52.

[1]) Siehe auch Wenzl und Schwarz, a.a.O. S.1134, Fig.16.

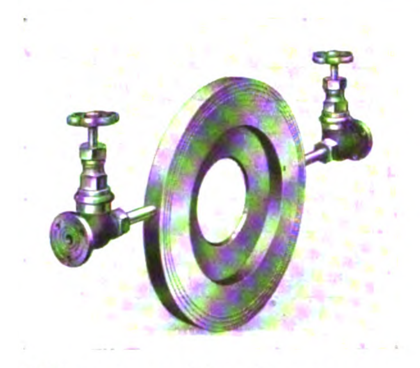


Bild 9. Der Meßflansch zusammengesetzt.

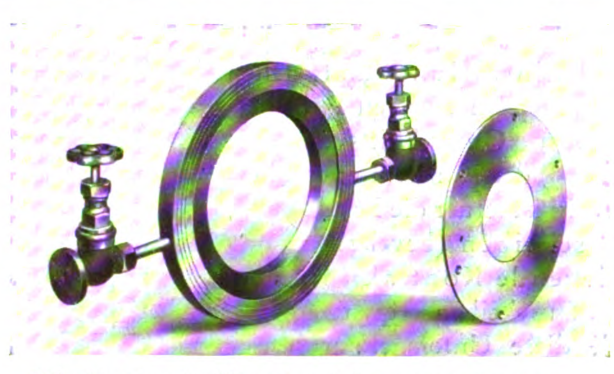


Bild 10. Der Meßflansch mit herausgenommenem Staurand.

schluß gekommen. Trotzdem bleibt unter Berücksichtigung der vielen Einflüsse, denen die Messung mittels Staurandes nun einmal ausgesetzt ist, eine gewisse Unsicherheit bestehen, die sie für Messungen großer Genauigkeit nicht recht brauchbar erscheinen läßt.

Aber nicht nur in meßtechnischer, sondern ganz besonders auch in wirtschaftlicher Beziehung kann die Messung mittels Staurandes nur geringen Ansprüchen genügen. Bei dieser an sich sehr einfachen und wenig kostspieligen Einrichtung treten nämlich Störungen des gleichmäßigen Verlaufs der Strömung auf, die einen verhältnismäßig beträchtlichen Druckverlust zur Folge haben. Bei einer so plötzlichen scharfen Einschnürung, wie sie nun einmal die Drosselscheibe hervorruft, sind diese Nachteile in der Natur der Sache begründet.

Schon vor dem Staurand werden Wirbelbildungen einen Druckverlust verursachen, der unbedingt einen Mehraufwand von Betriebsstoffen erfordert. Weit beträchtlicher aber sind die durch die plötzliche Erweiterung nach dem Staurand bei der Umwandlung von kinetischer in potentielle Energie entstehenden Verluste[1]). In dem sich hinter der Einschnürung bildenden Totwasserraum entstehen Wirbel, die bis 50 v. H. des erzeugten Druckunterschiedes verschlingen.

Nach Versuchen von Hodgson[2]) beträgt der Druckverlust bei Verwendung von Staurändern etwa 46 v. H. des Druckunterschiedes. Er gibt an, daß bei Anwendung von Venturimessern dieser Verlust bis zu einem Drittel oder einem Viertel des obengenannten Betrages herabgemindert werden kann.

Wenn auch alle diese Umstände erschwerend für die Verwendung von Stauscheiben wirken, so muß doch hervorgehoben werden, daß gerade bei der Siemensschen Ausführung diese Unsicherheit durch die Form des Staurandes und die Anordnung der Meßstellen entsprechend den aus der Literatur zu entnehmenden Richtlinien auf einen Mindestwert herabgedrückt ist.

Wie aus den Bildern 9 u. 10 zu entnehmen ist, besteht ein solcher Meßflansch, dessen Ausführungsform der Firma Siemens & Halske A.-G. geschützt ist, in der Hauptsache aus einem zylindrischen Flanschkörper und dem eigentlichen Staurand mit scharf abgeschrägtem Öffnungsrand, die am Flansch mit wenigen Schrauben befestigt werden. Diese Anordnung bezweckt die leichte Auswechselbarkeit gegen Stauränder mit anderen Öffnungsquerschnitten, was auf diese Weise ohne Betriebsstörung möglich ist. Der Verwendung an mehreren Meßstellen wird dadurch Rechnung getragen, daß, entsprechend den verschiedenen Durchflußmengen, an den Flanschkörper Stauränder mit größerem oder kleinerem Öffnungsquerschnitt angeschraubt werden. Da die Baulänge des Meßflansches außerordentlich gering ist, kann er in die Rohrleitung eingesetzt werden, ohne daß diese zerschnitten wird.

Um nämlich den Beiwert mit möglichst großer Genauigkeit bestimmen zu können, ist die Eintrittskante scharf gehalten — wie schon bei A. O. Müller[1]) und in der amerikanischen Literatur[2]) angegeben wurde —, wodurch eine gute Beherrschung und große Gleichmäßigkeit der

[1]) Siehe auch Kriemler, Hydraulik; Stuttgart 1920, S. 62, Fig. 96.

[2]) Hodgson, Apparatur for measurement of volumes of water in „The proceedings of the institution of mechanical engineers", Nr. 3, 1924, S. 324.

[1]) A. O. Müller verwandte bei seinen Versuchen diese Form der Scheibe.

[2]) In der Arbeit der Universität Illinois sind ähnliche Scheiben (bevel-edged orifice) untersucht worden. Bei den neueren amerikanischen Untersuchungen ist ebenfalls ausdrücklich auf diese Form hingewiesen.

Form gewährleistet ist. Da der Beiwert neben anderen Faktoren auch stark von der Form des Meßorgans beeinflußt wird, muß der Vorteil dieser einfachen Konstruktion ohne weiteres einleuchten. Die Folge ist somit ein gutes Ablösen des Strömungsstrahls von dem Staurand und eine beträchtliche Verringerung der Wandungsreibung. Die Einflüsse der Reibung sind ferner dadurch weitgehend vermieden, daß die Druckabnahmestellen im Flansch in unmittelbarer Nähe des Staurandes angeordnet sind. Somit ist durch die Siemenssche Konstruktion erreicht:

1. ein verhältnismäßig hoch liegender Beiwert,
2. die Sicherheit der Gleichmäßigkeit der einmal ermittelten Werte,
3. Herabminderung der Reibungseinflüsse auf ein Minimum.

Trotz der eben angeführten Mängel wird man den Meßflansch dort verwenden, wo nur eine vorübergehende, vielleicht in Perioden wiederkehrende Betriebskontrolle verlangt wird oder wo nur Wandermessungen zur Überwachung der Anlage unternommen werden sollen. Für solche Messungen ist der Siemens-Meßflansch gut geeignet, da infolge der leichten Auswechselbarkeit des Staurandes im Flansch ein Anpassen an die verschiedensten Betriebsverhältnisse unter geringen Kosten möglich ist.

Die Siemens & Halske A.-G. hat nun für die Verwendung des Meßflansches bei derartigen Wandermessungen ein außerordentlich einfaches Berechnungsverfahren entwickelt, das der Forderung der Praxis nach einer schnellen und einwandfreien Ermittlung der Durchflußmengen gut entspricht. Dieses Verfahren ist besonders dann anwendbar, wenn nur ein Anzeigeapparat für mehrere Meßscheiben verwendet werden soll und man sich infolge Messung an den verschiedensten Stellen nicht auf einen bestimmten Dampfzustand festlegen kann. Unter diesen Umständen nimmt die der Messung mit dem Meßflansch zugrunde liegende Formel folgende Form an:

$$G = K \cdot A \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{H}.$$

In dem Faktor K ist der Einlauffaktor (auf den näher im Abschnitt Venturirohr eingegangen ist) und die Kontraktion unter Zugrundelegung der mit den Versuchen von Siemens & Halske A.-G. übereinstimmenden Werte von A. O. Müller berücksichtigt. Er ist daher für jeden Staurand verschieden und wird von der Siemens & Halske A.-G. dem Kunden besonders mitgeteilt. Der Faktor A berücksichtigt die adiabatische Abweichung und kann aus einer der Lieferung beigefügten Kurve in Abhängigkeit vom Überdruck abgelesen werden.

Das spezifische Gewicht γ des Dampfes ist den üblichen Dampftafeln zu entnehmen.

Um die Anfertigung besonderer Skalen für jede einzelne Meßscheibe zu vermeiden, kann die Skala des Anzeigeapparates in $\sqrt{H}$-Werten geeicht werden. Auf diese Weise ist die augenblickliche Durchflußmenge durch Multiplikation der abgelesenen $\sqrt{H}$-Werte mit dem Ausdruck $K \cdot A \cdot \sqrt{\gamma}$ leicht zu ermitteln.

Die dem an sich äußerst einfachen Verfahren noch anhaftende Unbequemlichkeit, die augenblicklichen Werte sofort umrechnen oder zum mindesten aufzeichnen zu müssen, ist beseitigt, wenn man einen Leistungsregistrierapparat verwendet. Ein solcher Apparat bietet noch den Vorteil, daß außer der momentanen, auf die Stunde bezogenen Durchflußmenge auch der Gesamtdampfverbrauch über einen größeren Zeitraum ermittelt werden kann. Diese Überlegenheit der Leistungsregistrierer den Anzeige-Apparaten gegenüber hat gerade bei den kurzen Betriebsuntersuchungsperioden der Wandermessung eine besondere Bedeutung, da die Kenntnis des Verlaufs der Verbrauchskurven wenigstens in dieser Untersuchungszeit als Stichprobe außerordentlich wertvoll ist.

Um die Aufzeichnung des Verbrauchs verschiedener Meßstellen auf einem Registrierstreifen zu ermöglichen, ist das Diagrammpapier ebenfalls nur nach $\sqrt{H}$-Werten eingeteilt. Diese Werte stellen einen neutralen, von der Eigenart der Meßstelle unabhängigen Maßstab dar, der durch Multiplikation mit einer, die jeweiligen Betriebsverhältnisse berücksichtigenden Konstanten auf das entsprechende Dampfgewicht umzurechnen ist.

Der Verbrauch während längerer Zeiträume muß durch Planimetrieren der unter dem aufgezeichneten Kurvenzuge liegenden Fläche festgestellt werden. Hierbei ist zu beachten, daß dies nur so lange möglich ist, als die Kurve im Bereich der proportionalen Teilung des Streifens

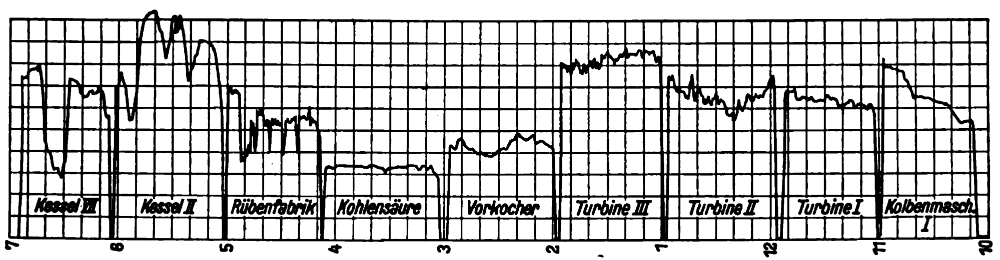


Bild 11. Dampfverbrauchsdiagramm einer Zuckerfabrik für neun auf einen Registrierer umschaltbare Meßstellen während einer Kontrollperiode, aufgenommen in der Zuckerfabrik Klettendorf bei Breslau der Firma vom Rath, Schöller und Skene.

liegt; im unproportionalen Teil muß der Verbrauch rechnerisch ermittelt werden. Mit einer solchen Meßanordnung hat die Siemens & Halske A.-G. sehr gute Erfahrungen gemacht.

Bild 11 zeigt das mit einer von Siemens & Halske A.-G. gelieferten Anlage aufgenommene Dampfdiagramm während einer Betriebskontrollperiode. Beginn und Ende der zu den verschiedenen Meßstellen gehörigen Teildiagramme sind durch die zur Nullinie absteigenden und von dieser aufsteigenden Ordinaten entsprechend dem Ab- und Anschwellen des Dampfes gekennzeichnet. Dazwischen verläuft die Kurve sehr genau auf der Nullinie. Somit geben die Kurvenzüge ein gutes Bild der einzelnen Betriebszustände.

Ein unmittelbarer Vergleich der Teildiagramme ist nicht möglich, da der nach der Wurzel aus dem Differenzdruck gefertigten Diagrammeinteilung, je nach der Meßstelle, verschiedene Mengenwerte entsprechen, die sich durch Multiplikation mit einer zu dem betreffenden Staurand gehörigen Konstanten ermitteln lassen. Diese Konstanten berücksichtigen alle die Meßstelle charakterisierenden Zustandsgrößen. Bei dem praktischen Gebrauch muß darauf geachtet werden, daß die Teildiagramme für sich planimetriert werden, da der Flächeneinheit, je nach der angeschlossenen Meßstelle, verschiedene Durchflußmengen entsprechen. Die Umwertung auf die tatsächlichen Mengenwerte geschieht ebenfalls mit Hilfe der betreffenden Staurandkonstanten.

Für die ausgesprochene Wandermessung ist somit der Meßflansch wohl zweifellos das gegebene Meßgerät, während es schon fraglich ist, ob er für vorübergehende Betriebsüberwachung verwendet werden soll — fraglich, nicht etwa deshalb, weil er an sich dafür nicht geeignet wäre, sondern weil vorübergehende Messungen kaum imstande sind, ein wärmetechnisches Bild einer Anlage zu geben. Das besonders in der Nachkriegszeit hervorgetretene Bestreben, die Wirtschaftlichkeit in den Vordergrund zu stellen, führt zur Organisation einer umfassenden Betriebsüberwachung, die sich als grundlegende Forderung der wirtschaftlichen Betriebsführung ergibt. Eine derartige, kontrollierende Zusammenfassung der jeweiligen Betriebslage soll nicht nur die entsprechenden Unterlagen zur Statistik und Kalkulation liefern, sondern soll auch erzieherisch auf die Bedienungsmannschaft wirken. Eine solche Überwachung verträgt sich aber nicht mit der Vornahme von Stichproben, sondern verlangt fest eingebaute und möglichst vollkommene Meßgeräte; somit würde diese Aufgabe besser vom Düsen-Meßflansch und bei weitem am vorteilhaftesten und vollkommensten vom Venturirohr gelöst werden.

Schließlich sei noch auf folgende behelfsmäßige Verwendungsmöglichkeit des Meßflansches hingewiesen: Liegen die Betriebsverhältnisse in einer Anlage hinsichtlich der maximalen Durchflußmenge, deren Kenntnis für die Bemessung eines Venturirohres erforderlich ist, unsicher, so kann diese zunächst in einfacher und schneller Weise mit Hilfe eines Meßflansches festgestellt werden. Eine verschieden starke Einschnürung, je nach der Durchflußmenge, kann sofort durch leichtes Auswechseln des Staurandes erreicht werden.

Dies sind die Punkte, die bei der Verwendung von Meßflanschen vornehmlich in Betracht gezogen werden müssen. Das so gewonnene Urteil wird durch die noch vielfach stark hervorgehobene geringe Baulänge nicht wesentlich beeinflußt werden können. Wohl erfordert der Einbau des Meßflansches selbst nur geringe Baulänge, aber einwandfreie Meßergebnisse erhält man nur, wenn vor und hinter dem Meßflansch eine genügend lange gerade Rohrstrecke (von insgesamt etwa 10 D) vorhanden ist. Damit erfordert tatsächlich der Meßflansch eine größere Meß-

länge als das Venturirohr, für das dieser Wert etwa 5 D beträgt. Dies ist darin begründet, daß der Meßflansch gegen Unregelmäßigkeiten in der Strömung, Wirbelungen usw. viel empfindlicher ist als das Venturirohr; die nur einseitige Anbohrung für die Druckentnahme setzt genau gleiche Strömungsverhältnisse voraus.

(Schluß folgt.)

Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufer für hohes Anlaufmoment und niedrigen Anlaufstrom.

Von Dr.-Ing. M. Liwschitz.

A. Bedingung für das Auftreten eines hohen Anlaufmomentes.

Nimmt der Ständer eines Asynchronmotors eine bestimmte Leistung auf, so geht von dieser ein kleiner Teil, bei Nennleistung etwa 6 bis 1,5 v. H., je nach der Größe des Motors, als Eisenverluste im Ständereisen bzw. als Kupferverluste im Ständerkupfer verloren; der übrige Teil wird vermittels des Drehfeldes auf den Läufer übertragen. Dieser gibt die von ihm aufgenommene Leistung teils als mechanische, teils als elektrische Leistung weiter.

Bezeichnen N_1 die vom Ständer aufgenommene Leistung und V_1 die Verluste im Ständereisen und Ständerkupfer (beide Größen in Watt gemessen), so ist

$$(1) \qquad N_d = N_1 - V_1$$

die auf den Läufer übertragene Leistung, die Drehfeldleistung des Motors.

Das Drehfeld rotiert gegenüber dem Ständer mit der konstanten Drehzahl n_s, der synchronen Drehzahl, die durch die Periodenzahl des Netzes (f) und die Polpaarzahl des Ständers (p) festgelegt ist. Es ist $n_s = \frac{60\,f}{p}$.

Das Drehfeld übt auf den Läufer ein gewisses Drehmoment aus. Das gleiche Drehmoment muß, entsprechend dem Grundsatz der Mechanik Wirkung = Gegenwirkung, auch der Ständer erfahren: Würde man den Läufer festhalten und den Ständer drehbar anordnen, so würde er, das gleiche Drehmoment ausübend, in entgegengesetzter Richtung rotieren.

Diese Tatsache gibt die Möglichkeit, das Drehmoment, das zu einer bestimmten vom Ständer aufgenommenen Leistung N_1 bzw. zu einer bestimmten Drehfeldleistung N_d gehört, zu berechnen, und zwar ist dieses, da die Drehzahl des Drehfeldes in bezug auf den Ständer stets gleich n_s ist,

$$(2) \qquad M = \frac{0{,}975\,(N_1 - V_1)}{n_s} = \frac{0{,}975\,N_d}{n_s}\ \text{mkg}.$$

Dies ist also das Drehmoment, das sowohl auf den Ständer wie auf den Läufer ausgeübt wird, wenn der Läufer die Drehfeldleistung N_d aufnimmt.

In der Gleichung 2 kommt die Läuferdrehzahl nicht vor. Es folgt daraus, daß beim Asynchronmotor das auf den Läufer ausgeübte Drehmoment unabhängig von der Drehzahl des Läufers ist. Es hängt nur von der Größe der Drehfeldleistung bzw. von der Größe der vom Ständer aufgenommenen Leistung ab. Je größer die Drehfeldleistung ist, desto größer ist das Drehmoment des Läufers.

Wünscht man also, daß ein Asynchronmotor ein gewisses Drehmoment entwickelt, so muß man ihn zwingen, die diesem Drehmoment nach Gleichung 2 entsprechende Leistung aus dem Netz zu entnehmen.

Die auf den Läufer übertragene Leistung ist gleich

$$N_d = \frac{M\,n_s}{0{,}975}\ \text{Watt}.$$

Macht der Läufer n Umdr/min, so beträgt seine mechanische Leistung

$$(3) \qquad N_m = \frac{M\,n}{0{,}975}\ \text{Watt}.$$

Die Differenz

$$(4) \qquad N_d - N_m = \frac{M}{0{,}975}\,(n_s - n) = N_e\ \text{Watt}$$

ist die elektrische Leistung des Läufers. Während die vom Läufer abgegebene mechanische Leistung der Läuferdrehzahl proportional ist, ist die elektrische Leistung des Läufers proportional der Schlupfdrehzahl $(n_s - n)$. Die Summe dieser beiden Leistungen muß stets, bei jeder Drehzahl, der Drehfeldleistung gleich sein.

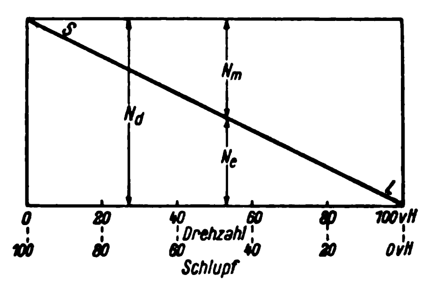


Bild 1. Anlauf mit konstantem Drehmoment.

In Bild 1 ist auf der Abszissenachse die Drehzahl in Prozent der synchronen Drehzahl bzw. der Schlupf in Prozent, auf der Ordinatenachse die Drehfeldleistung N_d aufgetragen. Unter der Annahme, daß der Motor während der ganzen Anlaufperiode aus dem Netz konstante Leistung entnimmt, wie dies bei Schleifringläufermotoren annähernd der Fall ist, bleibt die Drehfeldleistung N_d während der ganzen Anlaufperiode konstant. Die Verteilung der Drehfeldleistung auf die mechanische und elektrische Leistung des Läufers ist durch die gerade Linie SL gegeben. Je kleiner die Drehzahl ist, desto größer ist die elektrische Leistung des Läufers im Vergleich zu seiner mechanischen Leistung.

Im Stillstand ist die Drehzahl n = O und somit auch die mechanische Leistung des Läufers = O. Soll also der Läufer im Stillstand ein gewisses Drehmoment entwickeln, so muß er die ganze diesem Drehmoment entsprechende Drehfeldleistung als elektrische Leistung aufnehmen können. Soll beispielsweise der Motor im Stillstand sein Nenndrehmoment entwickeln, so muß sein Läufer imstande sein, die seiner Nennleistung entsprechende Drehfeldleistung als elektrische Leistung aufzunehmen, d. h. der Anlaufstrom des Läufers (J_a) und der Widerstand des Läuferkreises (R) müssen so groß sein, daß die im Läuferkreis erzeugte Joulesche Wärme gleich der der Nennleistung des Motors entsprechenden Drehfeldleistung ist.

Bezeichnet man mit M_a das gewünschte Anlaufmoment, so muß somit im Stillstand für den Läufer die Bedingung erfüllt sein:

$$J_a^2 R = N_d = \frac{M_a n_s}{0{,}975}, \qquad (5)$$

wobei es, wenn man das Anlaufmoment allein in Betracht zieht, gleichgültig ist, ob die Joulesche Wärme $J_a^2 R$ durch einen großen Anlaufstrom und kleinen Widerstand des Läuferkreises oder durch einen kleinen Anlaufstrom und großen Widerstand des Läuferkreises erzeugt wird[1]).

Aus der Gleichung 5 folgt, daß, je größer das Anlaufmoment des Motors sein soll, desto größer die nach dem Einschalten des Motors vom Läufer aufgenommene Joulesche Wärme sein muß. Es zeigt sich nun, daß nur bei kleinen Kurzschlußläufermotoren (bis etwa 5 kW), deren Wicklungen verhältnismäßig großen Widerstand haben, der Läufer imstande ist, eine große Joulesche Wärme aufzunehmen, daß dagegen bei den größeren Kurzschlußläufermotoren (normaler Bauart) eine große Joulesche Wärme entsprechend einem hohen Anlaufmoment sich nur auf Kosten anderer Eigenschaften des Motors erreichen läßt.

Wie beim Transformator entspricht auch beim Asynchronmotor einem bestimmten Läuferstrom ein ganz bestimmter Ständerstrom. Wollte man also den Läuferstrom groß machen, um ein hohes Anlaufmoment zu erzielen, so müßte man einen großen Anlaufstrom in Kauf nehmen. Dies ist aber normalerweise sowohl mit Rücksicht auf die Spannungsschwankungen, die die Blindkomponente des Anlaufstromes verursacht, als auch mit Rücksicht auf die Anlaßapparate nicht erwünscht. Auch darf der Widerstand des Läuferkreises, falls der Wirkungsgrad und die Erwärmung der Maschine den durch die Normalien des V.D.E. vorgeschriebenen Werten entsprechen sollen, mit Rücksicht auf die Jouleschen Verluste, die in ihm im normalen Betrieb auftreten, nicht zu groß sein. Das Verlangen nach einem kleinen Anlaufstrom, guten Wirkungsgrad und normaler Erwärmung der Maschine führt also auf kleine Werte von J_a^2 R und somit auf kleine Anlaufmomente.

Zu bemerken ist noch, daß das Zulassen eines hohen Anlaufstromes zwecks Erzielung eines hohen Anlaufmomentes allein in vielen Fällen nicht zum Ziele führen würde, weil der Größe des Anlaufstromes durch die Streublindwiderstände und durch die Ohmschen Widerstände

[1]) Die Gl. 5 bezieht sich eigentlich auf das Anzugsmoment, d. h. auf das Moment im Stillstand, und nicht auf das Anlaufmoment, d. h. auf das Moment, mit dem der Motor hochlaufen kann und das unter Umständen kleiner ist als das Anzugsmoment. Wo dies der Fall ist, ist im weiteren besonders darauf hingewiesen. Normalerweise ist das Anzugsmoment zugleich das Anlaufmoment des Motors.

der Ständer- und Läuferwicklung eine Grenze gesetzt ist, und zwar bedingen diese Widerstände, daß der Anlaufstrom (Kurzschlußstrom) je nach der Größe und Drehzahl des Motors den etwa 4- bis 8fachen Nennstrom nicht übersteigt.

Mit Hilfe der Gleichung 5 läßt sich, wenn die Läuferverluste bei Nennleistung V_2 bekannt sind, leicht der Anlaufstrom des Läufers bestimmen, der zu einem bestimmten Anlaufmoment gehört. Kennzeichnet man die sich auf Nennleistung beziehenden Werte des Stromes, Momentes usw. mit dem Index n, so folgt aus dieser Gleichung

$$\left(\frac{J_a}{J_n}\right)^2 J_n^2 R = \frac{M_a}{M_n}\frac{M_n n_s}{0{,}975} = \frac{M_a}{M_n} N_d = \frac{M_a}{M_n}\frac{J_n^2 R}{\sigma_n} = \frac{M_a}{M_n}\frac{N_m}{1-\sigma_n}$$

oder

$$\left(\frac{J_a}{J_n}\right)^2 = \frac{M_a}{M_n}\frac{1}{\sigma_n} = \frac{M_a}{M_n}\frac{N_m}{V_2(1-\sigma_n)}.$$

Bezeichnet man das Verhältnis der Läuferverluste bei Nennleistung zu der Nennleistung mit a, so erhält man für das Verhältnis des Anlaufstromes zum Nennstrom im Läufer die Beziehung

$$\frac{J_a}{J_n} = \sqrt{\frac{M_a}{M_n}\frac{1}{\sigma_n}} = \sqrt{\frac{M_a}{M_n}\frac{1}{a(1-\sigma_n)}}.$$

Bei Motoren, deren Leistungsfaktoren von den VDE-Normen nicht stark abweichen, gilt dasselbe Verhältnis annähernd auch für den Ständer.

In Bild 2 stellt Kurve a die bei Motoren mit Drehzahl 1000 mit Rücksicht auf Erwärmung und Wirkungsgrad üblichen Werte der Läuferkupferverluste (in Prozent der Nennleistung) in Abhängigkeit von der Nennleistung dar. Die Kurve b gibt das für das Verhältnis $\frac{M_a}{M_n} = 1{,}25$ bei Motoren bis 15 kW und $\frac{M_a}{M_n} = 1$ bei Motoren über 15 kW nötige Verhältnis $\frac{J_a}{J_n}$ in Abhängigkeit von der Nennleistung. Die gestrichelte gebrochene Linie stellt die nach den Normen des V. D. E. für die gewählten Anlaufmomente zulässigen Werte des Anlaufstromes dar.

Man sieht, daß schon zur Erreichung verhältnismäßig kleiner Anlaufmomente sehr große Anlaufströme gehören. Je kleiner die Läuferverluste bei Nennleistung sind, desto größer muß das Verhältnis des Anlaufstromes zum Nennstrom werden, um ein bestimmtes Anlaufmoment zu erreichen.

Wie aus Bild 2 hervorgeht, nehmen die Läuferverluste bei Nennleistung mit zunehmender Größe des Motors ab. Zu einem und demselben Verhältnis $\frac{M_a}{M_n}$ gehört also beim größeren Motor ein größeres Verhältnis $\frac{J_a}{J_n}$ als beim kleineren Motor, d. h. die Schwierigkeiten, ein hohes Anlaufmoment zu erreichen, nehmen mit der Größe des Motors zu.

Soll nun ein hohes Anlaufmoment mit einem verhältnismäßig kleinen Anlaufstrom erreicht werden, so bleibt als einziges Mittel übrig, den Widerstand des Läuferkreises zu vergrößern, und zwar muß die prozentuale Vergrößerung des Läuferwiderstandes (gleiches Verhältnis $\frac{J_a}{J_n}$ vorausgesetzt) mit zunehmender Größe des Motors zunehmen. Die Vergrößerung des Widerstandes des Läuferkreises bringt es dann mit sich, daß der Anlaufstrom kleiner wird.

Aus den oben angegebenen Gründen darf jedoch die Widerstandsvergrößerung des Läuferkreises nur während des Anlaufens, nicht

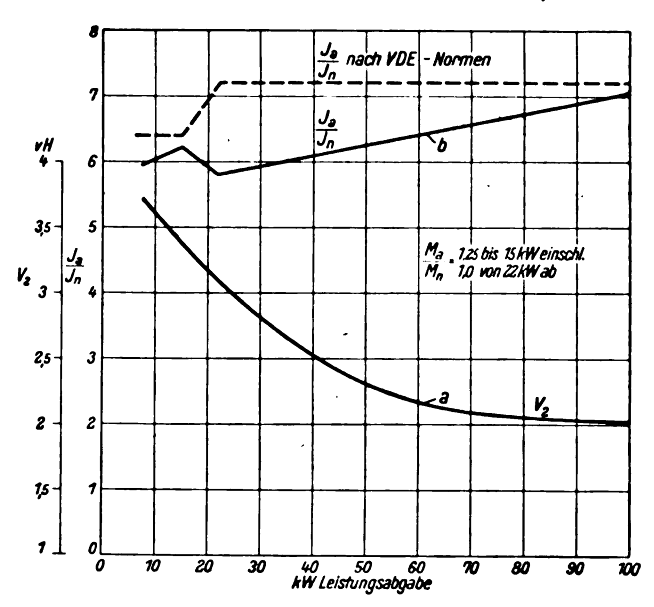


Bild 2. Stromwärmeverluste im Läufer und Anlaufströme, n = 1000 Umdr/min.

aber im Betrieb vorhanden sein. Soll außerdem der Strom und somit das Drehmoment, denn zu einem bestimmten Moment gehört ein ganz

bestimmter Strom, während der ganzen Anlaufperiode annähernd konstant bleiben, so muß der Widerstand des Läuferkreises während des Hochlaufens des Motors immer mehr abnehmen, derart, daß bei der Nenndrehzahl des Motors nur noch der für den Betrieb zulässige Widerstand vorhanden ist. Dies läßt sich am einfachsten an Hand von Bild 1, das sich eben auf Anlauf mit konstantem Drehmoment bezieht, erkennen. Zu einem bestimmten konstanten Anlaufmoment gehört eine ganz bestimmte konstante Drehfeldleistung; diese ist gleich der Summe aus der mechanischen und der elektrischen Leistung des Läufers. Da mit zunehmender Drehzahl die mechanische Leistung des Läufers zunimmt, muß in gleichem Maße die elektrische Leistung des Läufers abnehmen. Dies kann (unter der obigen Voraussetzung konstanten Anlaufstromes) nur durch Verkleinerung des Läuferwiderstandes erreicht werden.

Beim Schleifringläufermotor läßt sich die Einstellung des Widerstandes des Läuferkreises für bestimmte Anlaufverhältnisse auf einfache Weise dadurch erzielen, daß man an die Schleifringe Widerstände anschließt und diese mit zunehmender Drehzahl des Motors allmählich kurzschließt. Bei den schleifringlosen Motoren muß man, um den Widerstand im Anlauf zu vergrößern, zu besonderen mehr oder weniger komplizierten Hilfsmitteln greifen. Von diesen Hilfsmitteln sollen im weiteren nur diejenigen besprochen werden, die heutzutage noch praktische Bedeutung haben. Diese lassen sich im wesentlichen in drei Gruppen einteilen:

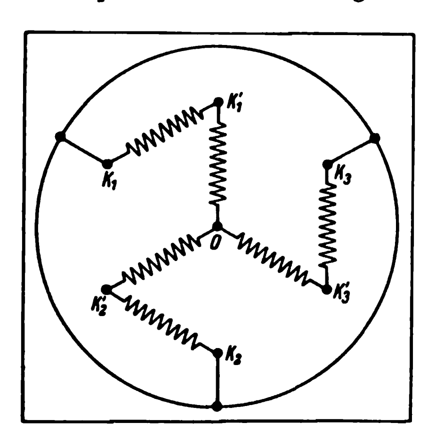


Bild 3. Gegenschaltung nach Goerges.

I. Die Erhöhung des Widerstandes des Läuferkreises geschieht entweder durch passende Schaltung der Wicklungsteile oder durch Anordnung von rotierenden Widerständen. Der betriebsmäßige Zustand wird mittels Zentrifugalschalter hergestellt.

II. Für Anlauf und Betrieb werden je eine besondere Wicklung verwendet (Boucherotläufer).

III. Zur Erhöhung des Widerstandes des Läuferkreises wird von der Erscheinung der Stromverdrängung Gebrauch gemacht (Wirbelstromläufer).

B. Mittel zur Erzielung eines hohen Anlaufmomentes und eines niedrigen Anlaufstromes.

I. Motoren mit Zentrifugalschalter. Die Wahl einer solchen Schaltung der einzelnen Wicklungsteile, bei welcher der Widerstand des Läuferkreises im Anlauf vergrößert wird, gehört zu den ältesten Verfahren, das Anlaufmoment der schleifringlosen Asynchronmotoren zu vergrößern und den Anlaufstrom zu verkleinern. Die einfachste Anordnung dieser Art ist die Gegenschaltung von Goerges, die von den Siemens-Schuckertwerken (früher S & H) seit Ende des vorigen Jahrhunderts ausgeführt wird, heutzutage allerdings nur noch für manche Sonderantriebe.

Die Gegenschaltung von Goerges ist in ihren Grundzügen in Bild 3 wiedergegeben. Die Läuferwicklung wird in ähnlicher Weise wie beim Schleifringläufer als Phasenwicklung ausgeführt. Jede Phase besteht aus 2 Teilen, die gegeneinander um 60° verschoben sind. Die Endpunkte der 3 Phasen K_1, K_2 und K_3 sind miteinander stets verbunden, die Endpunkte K'_1, K'_2, K'_3 sind im Anlauf offen. Der Läufer verhält sich im Anlauf infolgedessen so, als ob er eine aktive Windungszahl hätte, die gleich der geometrischen Summe aus den Windungszahlen der beiden Wicklungsteile ($\overline{OK_1} = \overline{OK_2} = \overline{OK_3}$) ist, und einen Widerstand, der gleich der Summe der Widerstände der beiden Wicklungsteile ist. Da bei der Asynchronmaschine wie beim Transformator angenähert Gleichheit der Amperewindungen der beiden Wicklungen vorhanden sein muß, nimmt der Läufer infolge seiner kleinen aktiven Windungszahl einen größeren Strom auf als in der üblichen Schaltung, wo beide Wicklungsteile gleiche räumliche Phase haben. Dies bewirkt große Joulesche Wärme im Läuferkreis und somit ein verhältnismäßig hohes Anlaufmoment. Während des Hochlaufens, bei etwa 70 v. H. der Nenndrehzahl,

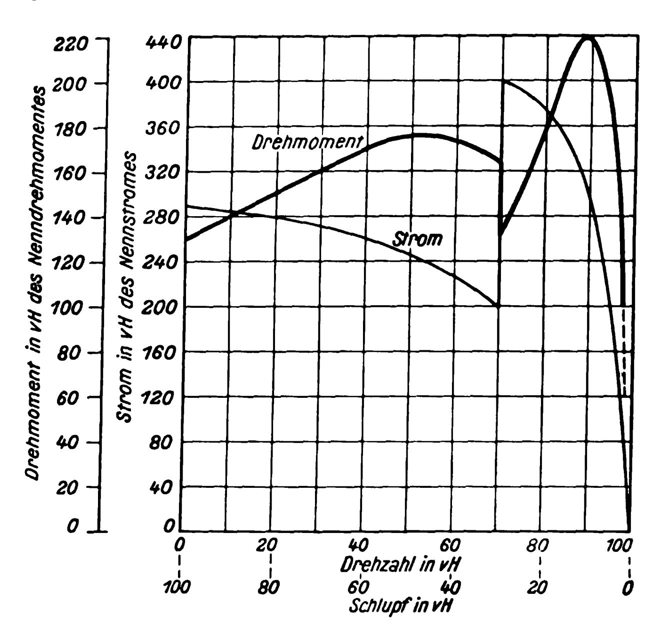




Bild 4. Gegenschaltung nach Goerges, Nennleistung 30 kW, n = 1000 Umdr/min.

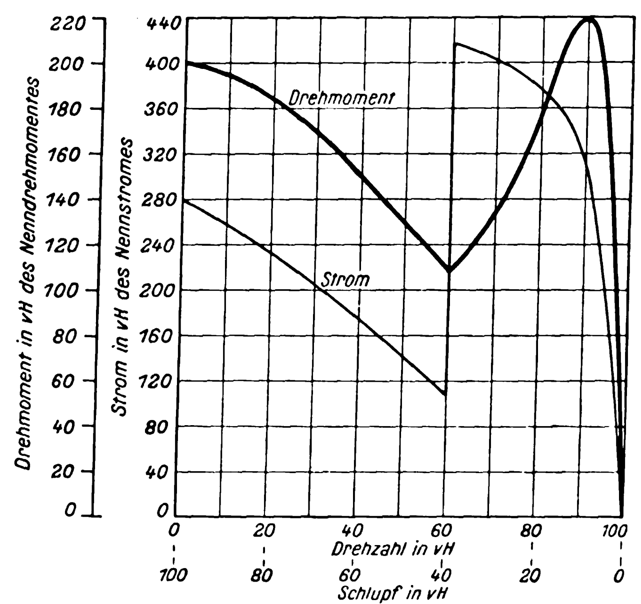


Bild 5. Zentrifugalschalter mit einer Widerstandsstufe, Nennleistung 30 kW, n = 1000 Umdr/min.

werden die Punkte K'_1, K'_2, K'_3 miteinander mittels Zentrifugalschalter verbunden. Die 3 Wicklungsteile OK'_1, OK'_2, OK'_3, ebenso wie die 3 Wicklungsteile K'_1 K_1, K'_2 K_2, K'_3 K_3 bilden dann je für sich ein selbständiges Dreiphasensystem, so daß der Motor sich wie ein Schleifringläufermotor mit zwei parallelgeschalteten kurzgeschlossenen Läuferwicklungen verhält.

Den Verlauf der Drehmomentenkurve und des Stromes während des Hochlaufens in Abhängigkeit von der Drehzahl bzw. dem Schlupf für einen Motor von 30 kW bei n = 1000 Umdr/min zeigt Bild 4. Das Anzugsmoment ist gleich dem 1,3fachen Nenndrehmoment, und der Anlaufstrom ist gleich dem 2,9fachen Nennstrom des Motors. Mit zunehmender Drehzahl steigt das Moment, der Strom fällt dagegen mit zunehmender Drehzahl. Im Moment des Ansprechens des Zentrifugalschalters fällt das Drehmoment von dem 1,65fachen auf das 1,3fache des Nenndrehmomentes, der Strom steigt dagegen auf das 4fache des Nennstromes an, nimmt aber mit zunehmender Drehzahl sofort wieder ab.

Der Einbau von mitrotierenden Widerständen zur Erhöhung des Widerstandes des Läuferkreises ist beinahe ebenso alt wie die Gegenschaltung und wurde zuerst von der Firma Schuckert (um das Jahr 1900) eingeführt. Bei einer gewissen Drehzahl werden die Widerstände mittels Zentrifugalschalter kurzgeschlossen. Da der Einbau von mitrotierenden Widerständen auf eine verhältnismäßig teuere Konstruktion führt und auch der Bedarf an derartigen Motoren ganz gering war, wurde diese Ausführung aufgegeben. Sie wird heutzutage für manche Spezialantriebe in einer abgeänderten Form geliefert: Die Widerstände rotieren nicht mit, sondern werden an Schleifringe angeschlossen. Nach erfolgtem Anlaufen bei etwa 50 bis 60 v. H. der Nenndrehzahl werden die Schleifringe mittels Zentrifugalschalter kurzgeschlossen. Durch entsprechende Wahl des Widerstandes läßt sich ein beliebiges Anzugsmoment einstellen. Bild 5 zeigt das Anlaufmoment und den Anlaufstrom eines solchen Motors in Abhängigkeit von der Drehzahl bei Verwendung nur einer Widerstandsstufe. Der Widerstand ist so gewählt, daß das Anzugsmoment dem doppelten Nennmoment gleich ist. Es ist hier zu unterscheiden zwischen dem Anzugsmoment und dem Anlaufmoment. Der Motor ist nicht imstande, mit dem Anzugsmoment hochzulaufen, weil sein Drehmoment mit zunehmender Drehzahl fällt. Das Moment, mit dem er anzulaufen vermag, ist kleiner als sein Anzugsmoment, und zwar beträgt es in Bild 5 etwa 110 v. H. des Nennmomentes.

Die Vorderansicht und Hinteransicht des Zentrifugalschalters der SSW zeigt Bild 6. Der




Bild 6. Zentrifugalschalter.
Vordere Ansicht. Hintere Ansicht.

Zentrifugalschalter ist durch eine Kapsel staubdicht abgeschlossen.

Werden mehrere Widerstandsstufen, die bei verschiedenen Drehzahlen der Reihe nach kurzgeschlossen werden, angeordnet, oder wird an Stelle der einfachen Goerges-Schaltung nach Bild 3 die Wicklung in mehrere Teile unterteilt, die der Reihe nach geschaltet werden, so läßt sich theoretisch ein Anlaufen mit beinahe konstantem Moment und konstantem Strom wie beim Schleifringläufer erreichen.

Der Nachteil aller Anordnungen mit Zentrifugalschalter besteht darin, daß die Kontaktflächen früher oder später zu Schwierigkeiten Anlaß geben. Setzt sich irgendwie Staub oder Schmutz an den Kontaktflächen an, so bilden sich Stellen großen Übergangswiderstandes, die zum Anbrennen der Kontakte führen. Tritt eine Überlastung von solcher Größe auf, daß der Motor unter die Drehzahl fällt, bei der die Zentrifugalkraft den Schalter in Bewegung setzt, so öffnet sich der Schalter, die Kontakte müssen einen größeren Strom unterbrechen und verschmoren. In solchen Fällen hilft auch die staubsichere Kapselung nicht. Wird der Widerstand oder die Wicklung mehrstufig gemacht, so muß auch der Zentrifugalschalter mehrstufig sein. Die Betriebssicherheit wird dadurch noch mehr verringert als beim einstufigen Zentrifugalschalter.

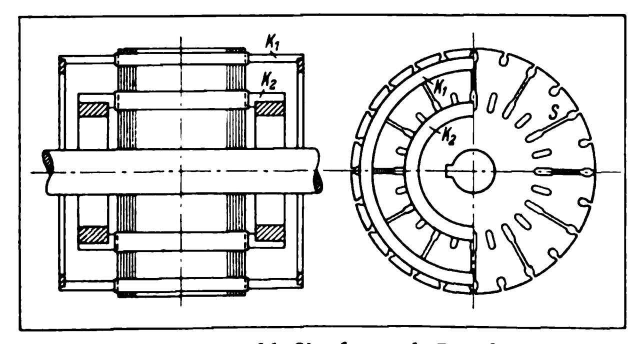


Bild 7. Kurzschlußläufer nach Boucherot.

II. Motoren mit Boucherotläufer. Die Anordnung der beiden Käfige beim Boucherotläufer zeigt schematisch Bild 7. Der Käfig K_1 liegt nahe dem Läuferumfang und hat einen hohen Widerstand, der Käfig K_2 liegt unterhalb des Käfigs K_1 und hat einen kleinen Widerstand. Die Streuung des Käfigs K_1 ist wie beim gewöhnlichen Käfigläufer gering, dagegen ist die Streuung des Käfigs K_2 sehr groß, weil sich die Streulinien durch das oberhalb dieses Käfigs liegende Eisen ausbilden können. Um die Streuung des Käfigs K_2 zu verkleinern, werden die Nuten des Käfigs K_2 mit den Nuten des Käfigs K_1 durch Luftschlitze S verbunden. Das Eisen zwischen beiden Käfigen wird auf diese Weise an mehreren Stellen unterbrochen, so daß der magnetische Widerstand der Streulinien des Käfigs K_2 größer und der Streufluß des Käfigs K_2 kleiner werden.

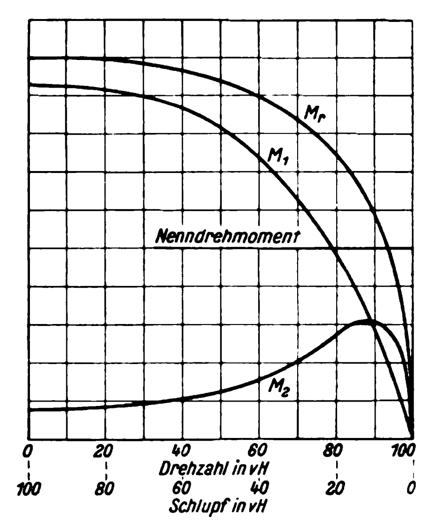


Bild 8. Drehmomentkurven eines Motors mit Boucherotläufer.

Noch aus einem anderen Grunde sind die Luftschlitze zwischen den Nuten der beiden Käfige notwendig. Würden sie nicht vorhanden sein, so würde der Hauptfluß der Maschine nur durch das Eisen, das zwischen den beiden Käfigen liegt, durchgehen, würde also mit dem Käfig K_2 nicht verkettet sein und würde ihn nicht induzieren.

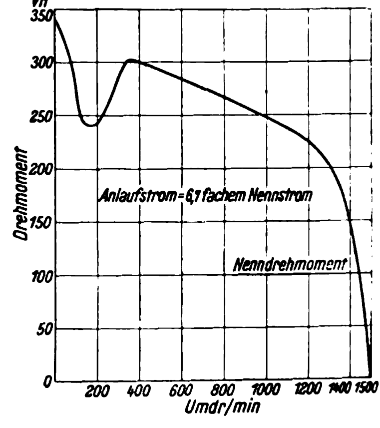


Bild 9. Motor mit Boucherotläufer, Nennleistung 15 kW, n = 1500 Umdr/min.

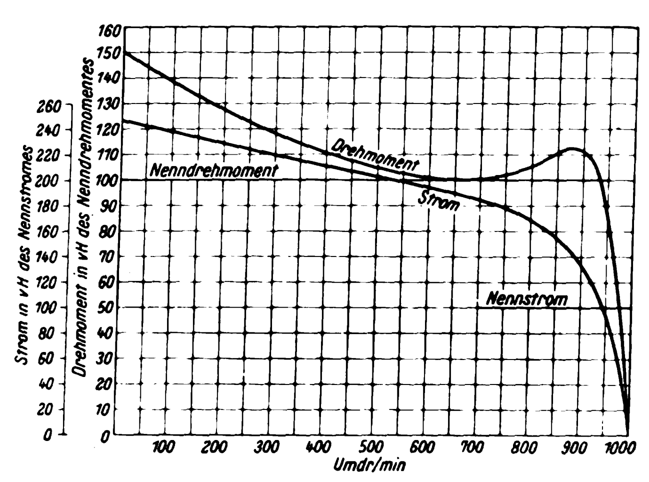


Bild 10. Motor mit Boucherotläufer, Nennleistung 14,7 kW, n = 1000 Umdr/min.

Die Schlitze zwingen den Hauptfluß durch das Eisen, das unterhalb des Käfigs K_2 liegt, zu gehen; dadurch kommt der Käfig K_2 zur Wirkung.

Sowohl im Anlauf wie im Lauf arbeiten beide Käfige parallel. Jeder Käfig erzeugt ein bestimmtes Drehmoment. Durch entsprechende Wahl der Widerstände der beiden Käfige, der Breite der Schlitze S, der Lage des Käfigs K_2, d. h. der Tiefe der Schlitze, und der Anzahl der Schlitze kann man bis zu einem gewissen Grade den einen oder den anderen Käfig mehr in den Vordergrund treten lassen. In Bild 8 ist angenommen, daß der Käfig K_1 im Anlauf sein größtes Drehmoment entwickelt, während der Käfig K_2 wegen der großen Streuung nur ein kleines Moment hat. Durch Superposition der Drehmomentenkurven der beiden Käfige M_1 und M_2 erhält man die Kurve des resultierenden Drehmomentes M_r. Der Verlauf dieser Kurve kann demnach derart beeinflußt werden, daß sie mehr den Charakter der Kurve M_1 oder der Kurve M_2 erhält. Ein Beispiel erster Art zeigt die Drehmomentenkurve Bild 9, die an einem Motor für 15 kW bei n = 1500 Umdr/min aufgenommen wurde, ein Beispiel zweiter Art zeigt die Drehmomentenkurve (Bild 10), die an einem Motor für 14,7 kW bei n = 1000 Umdr/min aufgenommen wurde. In Bild 9 herrscht die Wirkung des Käfigs K_1 mit dem großen Ohmschen Widerstand vor. Wie in Bild 8 bestimmt dieser Käfig fast allein den Anlauf, während bei Nenndrehmoment auch der Käfig K_2 mitwirkt. K_1 ist die A n l a u f w i c k l u n g, K_2 die L a u f w i c k l u n g. Da die Streuung der Wicklung K_1 klein ist, so ist der A n l a u f s t r o m g r o ß; er ist bei diesem Motor gleich dem 6,7fachen Nennstrom. Das Anlaufmoment ist infolge der Einbuchtung, die die Drehmomentenkurve aufweist, geringer als das Anzugsmoment und ist gleich dem 2,4fachen Nennmoment. Das Oszillogramm des Anlaufstromes dieses Motors zeigt Bild 11. Der Motor war bei dieser Aufnahme mit einer größeren Schwungmasse gekuppelt. Die Anlaufzeit war infolgedessen groß, und der Anlaufstrom nimmt nur langsam ab.

Bild 11. Anlaufstrom, Motor mit Boucherotläufer, Nennleistung 15 kW, n = 1500 Umdr/min.

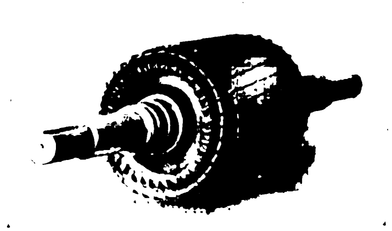


Bild 12a. Boucherotläufer.

Die Anordnung und Bemessung der Käfige entsprechend Bild 9 hat außer dem großen Anlaufstrom noch den weiteren Nachteil, daß der Käfig K_1, dessen Widerstand groß sein muß, nur eine kleine Masse hat. Seine Wärmekapazität ist infolgedessen gering. Kommt es vor, daß der Motor einige Male hintereinander anlaufen muß, so nehmen infolge der kleinen Wärmekapazität die Stäbe des Käfigs K_1 so hohe Temperaturen an, daß sie s c h m e l z e n. Die Verwendung von Material mit hohem spezifischen Widerstand für den Käfig K_1 zwecks Erhöhung der Wärmekapazität ist normalerweise wegen Platzmangel nicht möglich. — Für schwierigere Anlaufverhältnisse eignen sich infolgedessen diese Motoren nicht. In Bild 10 herrscht der Käfig K_2 vor. Infolge der großen Streuung dieses Käfigs ist der Anlaufstrom zwar klein, gleich dem 2,9fachen

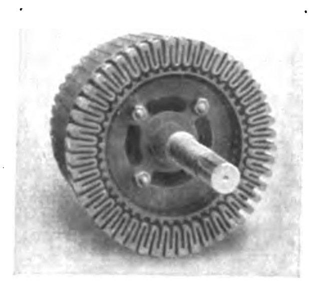


Bild 12b. Boucherotläufer.

Nennstrom, dafür aber auch das Kippmoment sehr klein, und zwar nur gleich dem 1,15-fachen des Nennmomentes. Nach den VDE-Normen muß das Kippmoment eines Kurzschlußläufermotors für 15 kW bei n = 1000 Umdr/min das 2,0 bis 2,5-fache des Nennmomentes betragen. Die große Streuung bedingt hier weiter, daß der Leistungsfaktor sehr niedrig wird. Er beträgt nur 0,73 statt 0,85 nach den VDE-Normen.

Zwei Boucherotläufer verschiedener Ausführung zeigen Bild 12a und b. In Bild 12b sind Widerstände auch in die Stirnverbindungen des Anlaufkäfigs gelegt.

(Schluß folgt.)

Das Prüf- und Versuchsfeld (P.V.F.) des Dynamowerks der SSW

Von Dipl.-Ing. G. Bopp und Dipl.-Ing. G. Köhler, Oberingenieure im Dynamowerk der SSW.

Nachdem in einem früheren Aufsatz (Siemens-Zeitschrift 1924, Heft 7 und 8) die Einrichtungen des Prüf- und Versuchsfeldes des Dynamowerks der SSW beschrieben wurden, soll im folgenden ein Überblick über das Arbeitsgebiet des P.V.F. gegeben werden.

Prüfarbeiten.

Es muß selbstverständlich darauf verzichtet werden, Prüfverfahren zu beschreiben, das muß den einschlägigen Lehrbüchern überlassen bleiben, es soll nur angegeben werden, welche Verfahren für die verschiedenen Prüfobjekte in Gebrauch sind. Nur auf Prüfungen, die in der Literatur nicht allgemein bekannt sind, soll etwas näher eingegangen werden.

Grundsätzlich verläßt keine Maschine, kein Transformator und kein Apparat das Werk, der nicht das Prüffeld durchlaufen hat und sorgfältig geprüft worden ist. Ob nur die einfache Probe auf Fehlerfreiheit oder die ausführliche Prüfung, die schon mehr unter die Versuchsarbeiten zu rechnen ist, stattfindet, hängt davon ab, ob schon genügend Versuchsmaterial für die betreffende Maschinenart vorliegt oder nicht, ob besonders schwierige Bedingungen vorgeschrieben sind, die nachgeprüft werden müssen, oder eine gemeinsame Prüfung mit den zugehörigen Regelapparaten erforderlich ist. Einzel- und Erstausführungen, also gewöhnlich große Maschinen, werden in der Regel einer ausführlichen Probe unterzogen. Das verwendete Eisen und das Kupfer werden in bezug auf ihre magnetischen bzw. elektrischen Eigenschaften vor ihrer Verarbeitung einer ständigen Kontrolle unterzogen. Bei allen Erzeugnissen werden die Widerstände der Wicklungen und ihr Isolationswiderstand gemessen und die Proben auf Isolierfestigkeit nach den Verbandsnormalien oder den besonderen Vertragsbedingungen vorgenommen. Bei großen Maschinen, die auf dem Prüffeld montiert werden, geschieht dies gleichzeitig mit der Prüfung der Schaltung zum erstenmal vor dem Zusammenbau, um schon durch diese Probe etwaige Fehler festzustellen und unnötige Montagearbeit zu vermeiden. Bei dieser Gelegenheit wird auch bei Wechselstrommaschinen die Streuung der verschiedenen Wicklungsteile durch Messung festgestellt und mit den vom Rechnungsbüro vorausberechneten Werten verglichen. Die Messung der Verluste zusammengesetzter Stäbe in einem Feld von einstellbarer Dichte mit Hilfe des Wattmeters oder des Temperaturanstiegs ist vielleicht nicht allgemein bekannt, sie sei deshalb hier besonders erwähnt. Das Verfahren ist in dauernder Verwendung und hat viel zur Klärung der wichtigen Frage der zusätzlichen Verluste beigetragen. Nachdem die Einzelteile die Vorprobe bestanden und die Läufer raschlaufender Generatoren der Schleuderprobe unterworfen wurden, werden die Maschinen im Prüffeld zusammengebaut, mit Antriebsmotor versehen und zur Probe fertig gemacht. Die kleineren Maschinen werden ohne Vorprobe fertig montiert dem Prüffeld angeliefert. Die erste Sorge beim Lauf der Maschine gilt der mechanischen Seite der Prüfung, dem ruhigen, vibrationslosen Lauf, dem richtigen Ölumlauf in den Lagern, der Öldichtheit der Lager, der Ventilation der Maschine, der Geräuschbildung, bei Gleichstrommaschinen dem Rundlaufen der Kollektoren usw. Bei der Mehrzahl der Maschinen und Transformatoren schließt sich hieran die Aufnahme der für das Erzeugnis charakteristischen Kurven, wie Leerlauf- und Kurzschlußcharakteristik, Eisen- und Kurzschlußverluste, Übersetzungsverhältnis bei Transformatoren und Drehstrommotoren, Segmentspannung bei Wechselstromkollektormaschinen, kurz alle die Messungen, die zur Beurteilung

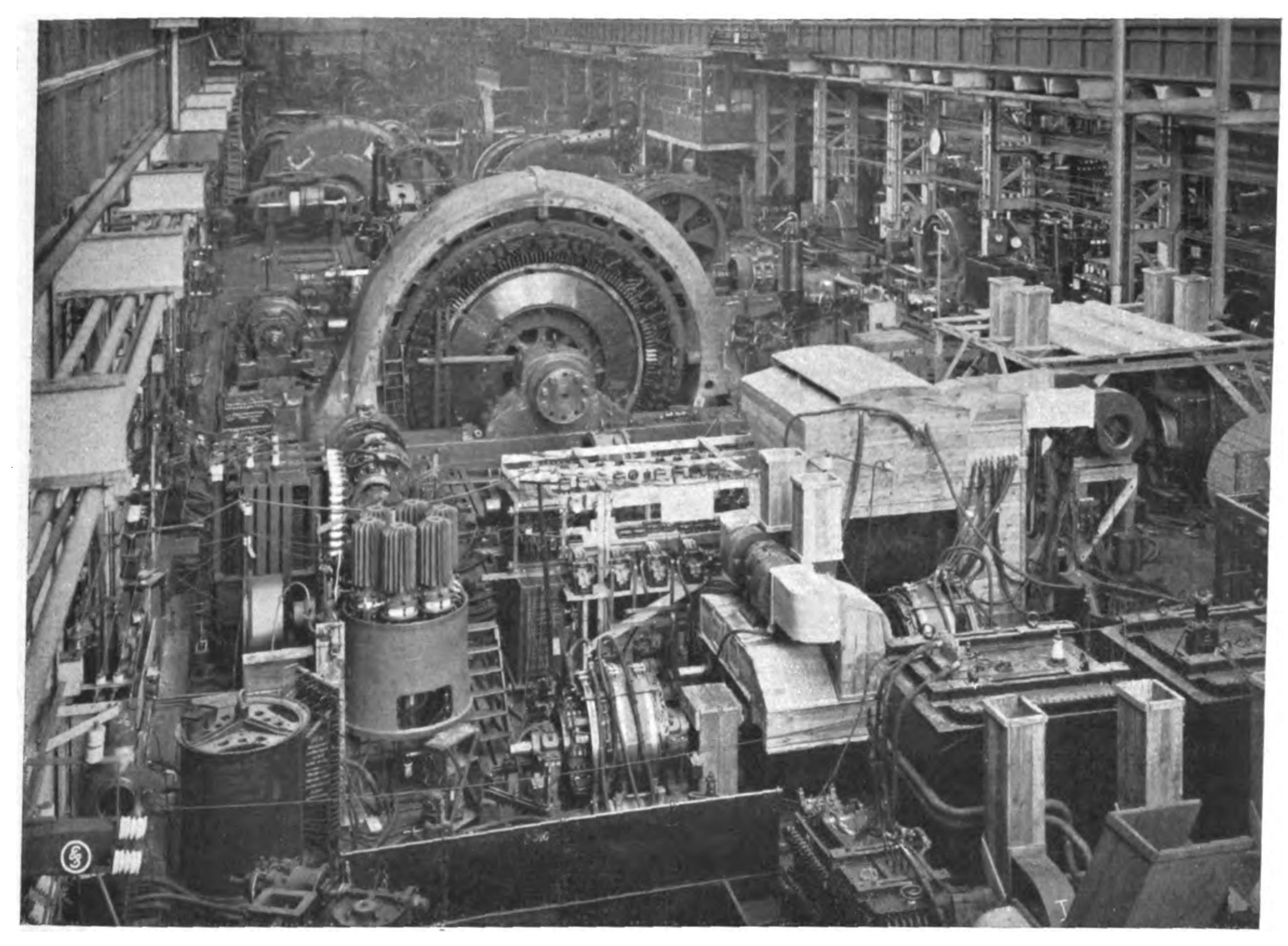


Bild 1. Versuchsaufbau einer vollständigen elektrischen Lokomotiv-Ausrüstung. (Im Vordergrund.)

des elektrischen und magnetischen Verhaltens der Maschinen erforderlich sind. Sie können wegen ihrer Mannigfaltigkeit hier nicht alle Erwähnung finden. Sofern irgend möglich, werden alle Maschinen einer mehrstündigen Belastungsprobe unter den vorgeschriebenen Betriebsbedingungen unterzogen, kleinere Maschinen in der Regel durch Belastung mit der Seilscheibe oder einer direkt gekuppelten Prüffeldmaschine, die in das Gleichstromnetz zurückarbeitet, mittlere Maschinen durch Belastung mit einer zweiten gleichen oder ähnlichen Maschine in Kreisschaltung oder wie vorher durch eine Prüffeldmaschine. Bei dieser Gelegenheit werden die für Belastung charakteristischen Kurven wie Belastungscharakteristik, Spannungsabfall und -anstieg, bei Motoren Drehzahlabfall und -anstieg, aufgenommen und vor allen Dingen die Enderwärmung der Maschine festgestellt. Umformer, Einankerumformer, Kaskadenumformer, Motorgeneratoren, Gleichrichter werden stets unter Vollast geprüft in der Weise, daß vom Drehstromnetz in das Gleichstromnetz herübergearbeitet wird bzw. umgekehrt. Die Einrichtungen des P. V. F. reichen hierbei für die meisten vorkommenden Leistungen selbst bei anormalen Spannungsverhältnissen aus. Für größere Belastungsversuche ist allerdings eine Zusammenfassung der Prüffeldmittel erforderlich, was mehr oder weniger störend auf den übrigen Prüffeldbetrieb zurückwirkt. Der Vollastprobe der Umformer gehen regelmäßig Anlaufversuche, häufig unter Verwendung der zugehörigen Apparate, wie Anlaßschalter, Widerstand und Transformator, voraus. Die im Dynamowerk gebauten größeren Transformatoren, in der Hauptsache Drehtransformatoren und Transformatoren für Lokomotiven, werden, sofern es nicht ausprobierte Typen sind, und sofern es die Betriebsmittel irgend zulassen, nach Aufnahme der charakteristischen Kurven einer Vollasterwärmungsprobe in Kreisschaltung unter Zwischenschaltung eines

Zusatztransformators unterzogen. Die Transformatoren werden hierzu im Ofen vorgewärmt, um die Belastungszeit abzukürzen.

Schwieriger ist die Frage der Belastung bei großen und größten Maschinen. Bei Synchronmaschinen muß man sich in der Regel mit der in der Literatur oft beschriebenen Leerlauf- und Kurzschlußprobe begnügen. In einer Leerlaufdauerprobe mit dem im normalen Betrieb auftretenden Feld und einer Dauerprobe im Kurzschluß mit normalem Strom werden die Enderwärmungen der Wicklungen des Eisens und der sonstigen wichtigen Maschinenteile bestimmt und durch geeignete Superposition der gefundenen Werte die Erwärmung, die im Vollastbetrieb auftreten wird, errechnet. Wie ausgeführte Vergleichsversuche beweisen, ist die Genauigkeit dieses Verfahrens vollkommen ausreichend. Mitunter werden auch Generatoren mit Hilfe einer zweiten gleichen oder ähnlichen oder bei nicht allzu großen Leistungen mit Hilfe des Drehstromnetzes induktiv voll belastet. Verhältnismäßig selten wird wegen der Schwierigkeit, zwei Maschinen gleichzeitig auf das Prüffeld zu bekommen, das folgende, weniger bekannte Belastungsverfahren angewendet. Es erfordert zwei Maschinen von am besten gleicher Ausführung, die mechanisch starr untereinander gekuppelt und durch einen gemeinsamen Antriebsmotor angetrieben werden. Die Kupplung ist so eingerichtet, daß die Kupplungsflansche und damit die Läufer um kleine Winkel gegeneinander verdreht werden können. Auf diese Weise ist es möglich, bei genügend feiner Teilung der Kupplung jeden Belastungszustand einzustellen. Zu beachten ist, daß die Kupplung das volle Drehmoment übertragen muß, der Antriebsmotor deckt nur die Gesamtverluste.

Neben den übrigen elektrischen und oszillographischen Messungen werden in der Regel die Generatoren auf Kurzschlußsicherheit geprüft, indem sie bei voller Spannung unmittelbar an den Ausführungsklemmen kurzgeschlossen werden. Der auftretende Kurzschlußstrom wird hierbei oszillographisch aufgenommen.

Auch bei größeren Asynchronmotoren ist eine Vollastprobe nur in den Fällen möglich, in denen eine Belastungsmaschine von etwa gleicher Größe zur Verfügung steht. Im übrigen begnügt man sich auch bei dieser Maschinenart von einer bestimmten Größe ab mit der Leerlauf- und Kurzschlußprobe. Die Erwärmung der Ständerwicklung bei normalem Strom wird hierbei häufig in der Weise festgestellt, daß der Läufer mit Gleichstrom erregt und fremd angetrieben und der Ständer kurzgeschlossen wird.

Die Einphasenkollektormotoren für Vollbahnlokomotiven werden stets voll belastet. Die Einrichtungen des P. V. F. erlauben es, selbst weitgehenden Anforderungen in bezug auf die Prüfung zu entsprechen. Die Lokomotiven werden, soweit sie im Dynamowerk fertiggestellt werden, regelmäßig vor Ablieferung einer Probe auf richtige Schaltung durch eine Fahrt auf der vom P.V.F. gespeisten Versuchsstrecke unterworfen. Bild 1 zeigt im Vordergrund den Versuchsaufbau einer vollständigen Lokomotivausrüstung für motorischen und generatorischen Lauf mit allem Zubehör, Transformatoren, Schützen, Schaltdrosselspulen, Ventilatoren usw. An dieser Anordnung wurden außer den normalen Belastungsproben ausführliche Versuche über Stromrückgewinnung vorgenommen.

Die Prüfung großer Gleichstrommaschinen, insbesondere die Kontrolle der Belastungsspitzen bei Walzenzugsmotoren stellt große Anforderungen an die Leistungsfähigkeit der Prüffeldeinrichtungen. Zusatzleistungen von 2—3000 kW ausschließlich für Deckung der Kupferverluste sind hierbei nicht selten. Die Kommutierungsgrenzen nach oben und unten werden bei allen wichtigeren Gleichstrommaschinen abhängig vom Strom und bei Generatoren veränderlicher Drehzahl auch abhängig von der Umdrehungszahl durch Vergrößern bzw. Verkleinern der Wendepolerregung mittels Hilfsmaschine sorgfältigst ermittelt, und auf diese Weise wird die günstigste Wendepolerregung festgestellt. Sofern es nicht möglich ist, zwei Maschinen in Kreisschaltung unter Vollast zu prüfen, kann unter Beachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln die Kommutierungsprobe im Kurzschluß als fast vollwertiger Ersatz gelten.

Ihrer steigenden Bedeutung entsprechend, seien noch erwähnt die Prüfung der Quecksilberdampfgleichrichter und der Phasenschieber und Regelsätze. Erstere erfordern neben den übrigen Hilfsapparaten eine Auswahl schaltbarer Transformatoren für Entgasung und Belastung, die Prüfung des Phasenschiebers und Regelsätze erfordern

Hilfsmittel, die es ermöglichen, große Ströme bei kleinsten Frequenzen herzustellen und zu messen.

Man wird von einem Prüffeld in erster Linie unbedingte Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Messungen, daneben Schnelligkeit in der Erledigung der Prüfarbeiten verlangen müssen. Die Erfüllung der ersten Forderung wird angestrebt durch einen guten und ausreichenden Instrumentenpark, durch gut vorgebildetes Personal und ständige Überwachung, die zweite Forderung durch ein gutes und reibungsloses Zusammenarbeiten mit der Werkstatt, den Rechnungs- und Konstruktionsbüros, durch gute Vorbereitung der Messungen und rechtzeitige Bereitstellung der Hilfsmittel. Gerade die Erfüllung der zweiten Forderung begegnet im praktischen Prüffeldbetrieb erheblichen Schwierigkeiten. Der Durchfluß der Arbeiten durch das Prüffeld geht leider nicht immer so gleichmäßig vor sich, wie es wünschenswert wäre; eine stoßweise Überlastung mit Arbeiten ist die Regel, und für diese Hochdruckperioden sollten im Idealfall die Einrichtungen und die Größe des Personals ausreichend sein. Leider wird dies nie erreicht werden, daher muß beste Ausnutzung der vorhandenen Einrichtungen unter Umständen in zwei Schichten diesen Mangel nach Möglichkeit ausgleichen. Ein Stamm von eingearbeiteten Ingenieuren und Monteuren ist sehr wünschenswert. Von Bedeutung ist ferner, daß die Betriebsleitung dauernd gut über den Fortgang der Arbeiten orientiert ist, um in der Lage zu sein, die erforderlichen Zeiten für Schalt- und Ergänzungsarbeiten richtig abzuschätzen und danach die etwa nötig werdende Neuzuteilung der Betriebsmittel rasch vorzunehmen.

Versuchsarbeiten.

Einen breiten Raum neben den Prüfarbeiten nehmen im Arbeitsgebiet des P. V. F. die Fortschrittsarbeiten ein. Der wichtigere und am schnellsten zu positiven Ergebnissen führende Teil dieser Arbeiten wird an den Prüfobjekten selbst ausgeführt. Eine sorgfältige Vorbereitung dieser Versuche ist allerdings Vorbedingung für ihr Gelingen, da eine wesentliche Verlängerung der Prüfzeit keinesfalls eintreten darf. Eine Wiederholung insbesondere längerer Erwärmungsproben ist daher nur in den seltensten Fällen möglich und verbietet sich von selbst wenigstens bei großen Objekten durch die hohen Stromkosten und dadurch, daß über den Platz im Prüffeld bereits anderweitig verfügt ist. Die Vorbereitungen reichen häufig bis in die Fabrikation hinein, es werden bei Versuchsmaschinen Thermodrähte in das Kupfer und das Eisen eingebettet an den Stellen, an denen man im Betrieb die höchsten Temperaturen vermutet, es werden Meßdrähte für Feldmessungen eingezogen, provisorische Schleifringe aufgesetzt, Meßspulen eingewickelt, verschiedenartige Dämpferwicklungen vorbereitet, Anordnungen für Ventilationsänderungen getroffen, verstellbare Kupplungen angefertigt, Regelapparate, Anlaßtransformatoren und Schalter, die in anderen Werken hergestellt werden, rechtzeitig bereitgestellt, alles Erforderliche für wichtige Klemmenkurzschlüsse so vorbereitet, daß diese Versuche ohne Verzug vorgenommen werden können.

Neben diesen Untersuchungen am fertigen Objekt, die mehr oder weniger zufällig von der Art der bestellten Maschine abhängen, laufen die nicht weniger wichtigen, mehr systematischen und grundlegenden Versuche an besonders für diesen Zweck bereitgestellten oder angefertigten Maschinen oder deren Konstruktionselementen. Beim Auftauchen neuer Probleme werden hierbei keine Mittel gescheut, um zu einer Verwertung zu gelangen. Große Mittel sind hierzu oft unbedingtes Erfordernis, da geringe Energiemengen mitunter zu recht schiefen Ergebnissen führen, die bei ihrer Auswertung im praktischen Betrieb in Kraftwerken großer Leistung dann zu unerwarteten Fehlschlägen Veranlassung geben. Die Vereinigung des Versuchsfeldes mit dem Prüffelde mit seinen größeren Mitteln hat sich hierbei auf das glücklichste bewährt.

Es kann nicht Aufgabe dieses Aufsatzes sein, ausgeführte Versuche zu beschreiben. Dazu sind die hier behandelten Fragen zu mannigfaltig und wechselnd, eine ausführlichere Behandlung würde außerdem weit den Rahmen dieser Abhandlung überschreiten. Es sollen deshalb nur ganz kurz einige wichtigere Forschungsgebiete gekennzeichnet werden.

Die wichtigste und für die Ausnutzung und damit die Abmessungen der Maschine bestimmende Frage ist für den Elektromaschinenbau die der Erwärmung. Wie die Aufgabe bei Versuchsmaschinen mit Hilfe von eingebauten Thermo-

elementen meßtechnisch behandelt wird, ist schon beschrieben. Das Verfahren ist bereits über 12 Jahre im P. V. F. in immer steigendem Gebrauch und gut durchgebildet. Für Messung der Eisentemperaturen wird es in letzter Zeit öfters auch bei ständigen Betriebsmessungen benutzt, für Messung von Kupfertemperaturen ist das Verfahren allerdings wegen der unter Umständen am Meßgerät auftretenden hohen Spannung nur für das Versuchsfeld brauchbar. Das Studium der Wärmeleitfähigkeit komplizierter Gebilde, wie sie die Leiteranordnungen mit den sie einhüllenden Isolierstoffen darstellen, und die Erforschung des Wärmeübergangs auf bewegte Luft oder fließendes Öl bilden einen weiteren Teil des Problems. Eng verbunden mit diesen Fragen sind alle die Versuche, die sich auf die Ventilation der Maschinen beziehen. Insbesondere die raschlaufenden Turbogeneratoren und von diesen wiederum die großen Typen machen infolge ihrer hohen Ausnutzung und der großen Umfangsgeschwindigkeit die Lösung der Frage schwierig.

Mit den Erwärmungsfragen in gewissem Sinne verknüpft sind ferner die Versuche zur Feststellung des Sitzes der Verluste, sowohl im Kupfer als auch im Eisen und den übrigen Konstruktionsteilen. Aus den Versuchsergebnissen heraus kristallisieren sich dann im Laufe der Zeit: verbesserte Wicklungsanordnungen, bei Stabwicklungen der Aufbau des Einzelstabes, Nutenform, Eisenaufbau usw. Wer die Entwicklung des Großmaschinenbaues verfolgt hat, wird ermessen können, welche Unsumme von Arbeit dazu gehört, um ein Körnchen Wahrheit herauszuschälen.

Von großer Wichtigkeit ist weiterhin für den Rechnungsingenieur die magnetische Feldverteilung in der Maschine im stationären Betrieb und besonders auch bei Ausgleichsvorgängen. Diesen Messungen wird ein breiter Raum gewidmet. Der Oszillograph ist für diese Versuche das unentbehrliche Rüstzeug geworden, das gestattet, in die Maschinen gewissermaßen hineinzusehen, und das viel zur physikalischen Klärung elektrischer und magnetischer Vorgänge beigetragen hat. Vielfach wird der Oszillograph auch unmittelbar als Meßgerät benutzt zur Messung von Grössen, die mit anderen Instrumenten nicht erreichbar sind. Entsprechend seiner Bedeutung ist im Prüf- und Versuchsfeld besonderer Wert auf die Ausbildung dieses Meßverfahrens gelegt worden. Es sind 2, seit kurzer Zeit 3 Apparate in ständigem Betrieb, transportabel mit allen Zubehörteilen, Regelapparaten und besonderem Umformersatz. Die Apparate werden an das Meßobjekt herangebracht und nicht, wie das früher geschah, fest eingebaut. Das letztere Verfahren ist nur für kleinere Verhältnisse verwendbar. Ein bis zwei Ingenieure sind nur mit allen Messungen mit dem Oszillographen beauftragt und hierfür besonders ausgebildet.

Das Kommutierungsproblem bildete lange Jahre einen festen Bestandteil in den Versuchsarbeiten des P. V. F. Ist es doch eines der schwierigsten im Elektromaschinenbau. Es darf praktisch als gelöst gelten, sowohl für Gleichstrom- als auch für Wechselstromkollektormaschinen. Trotzdem wird es immer wieder schwierige Maschinen geben, besonders solche mit hohen Kollektorgeschwindigkeiten, Maschinen, an die besonders hohe Anforderungen in bezug auf stoßweise Belastung und Überlastbarkeit gestellt werden, sowie Umformer, Kollektorphasenschieber usw., die besondere Versuche nötig machen. Es ist aber mehr Kleinarbeit, die hier zu leisten übrig bleibt.

Die Versuche für das große Gebiet der Überspannungen werden in der Hauptsache an anderer Stelle bearbeitet, auf das P. V. F. des Dynamowerks entfallen nur die Versuche, die wegen der erforderlichen großen Energiemengen nur hier angestellt werden können, und ferner die Versuche, die in unmittelbarer Verbindung mit den im Dynamowerk gebauten Erzeugnissen stehen und den Bau der Maschinen direkt beeinflussen. Hierher gehören unter anderem die Versuche zur Unterdrückung der höheren Harmonischen in den Spannungskurven der Generatoren, die Bekämpfung der schädlichen Wirkungen der durch irgendwelche Schaltvorgänge ausgelösten Überspannungen und vor allem die Erforschung der in die Wicklungen der Maschinen eindringenden Sprungwellen.

Ein wichtiges Kapitel bilden weiterhin die Untersuchungen über die Isolationsfestigkeit von Wicklungselementen. Es gilt hierbei die günstigste Anordnung zu finden, die auf engstem Raum die größte Festigkeit gegen Durchschlag und Überschlag bietet und die Sicherheit über die ganze Maschine entsprechend der mutmaßlichen Höchstbeanspruchung richtig verteilt. Die gewissenhafte Prüfung nach den „R. E. M." ge-

währleisten ja allerdings, daß die erforderlichen Isolationsfestigkeiten eingehalten sind, aber um die wirtschaftlichste Lösung hierfür zu finden, dazu bedarf es eben eines umfangreichen Versuchsmaterials.

Recht zahlreich sind immer die Untersuchungen, die sich auf die Reglung der Maschinen beziehen, sie werden in enger Beziehung mit dem Schaltwerk bearbeitet. Die Messungen über magnetische Zeitkonstanten, ihre Beeinflussung durch geeignete Schaltungen, die Schaffung der Grundlagen für Ausbildung von Generatorschutzschaltungen für Gleich- und Wechselstrommaschinen, die Untersuchung des Verhaltens von Schnellschaltern und Maschinen bei Klemmenkurzschlüssen, die Erforschung der Ursache und der Grenzen für das sogenannte Rundfeuer an Kollektoren, der Selbstanlauf von Umformern und Synchronmaschinen sind einige Beispiele für ähnliche Versuche.

Die große Bedeutung, die in den letzten Jahren den Maßnahmen zur Verbesserung des Leistungsfaktors in unseren Wechselstromnetzen beigemessen wurde, fand ihren Widerhall in einer großen Zahl von Versuchsaufträgen, die alle Arten von Schaltanordnungen und Maschinen, wie Synchronphasenschieber, gleichstromerregte Asynchronmotoren, Kollektorphasenschieber, Drehstromnebenschlußmotoren usw. umfaßten. Andererseits wurden alle die Fragen, die die Kapazitätsbelastung von Generatoren durch leerlaufende große Freileitungen und Kabelnetze und die Bekämpfung der hierdurch auftretenden Schwierigkeiten entsprechend ihrer Bedeutung berücksichtigt. Als Sondergebiete sind vielleicht noch zu erwähnen: Versuche zur Entwicklung einer Hochspannungs-Gleichstrommaschine, Bestimmung der Eigenschwingungszahl von Generatoren als Beitrag für Parallelarbeiten von Wechselstrommaschinen, Synchronisierversuche und, etwas abliegend, elektrostatische Staubniederschlagsversuche.

Auf dem Gebiet der Quecksilberdampfgleichrichter ist in den letzten Jahren stark gearbeitet und in einer verhältnismäßig kurzen Zeit der Entwicklung ein bedeutender Fabrikationszweig herausgebildet worden, der noch viel für die Zukunft verspricht. Zu seinem Teil hat auch das P. V. F. an dieser Entwicklungsarbeit mitgeholfen und neben seinem direkt gesteckten Ziel in einem besonderen Laboratorium Forschungsarbeiten mannigfacher Art nicht vernachlässigt.

Im Rahmen dieses Aufsatzes konnten naturgemäß nur die Gebiete umrissen und eine Auslese von Versuchen als Beispiele angeführt werden, aber auch diese Auswahl zeigt schon die Fülle des Stoffes und die Vielseitigkeit der Aufgaben, die zu bewältigen sind und denen die Einrichtungen des P. V. F. gewachsen sein müssen.

Die Kraft- und Beleuchtungsanlage einer neuzeitlichen Weberei

Von Dipl.-Ing. Robert Nowotny.

Als die Firma Ernst Seifert im Jahre 1922 daran ging, in Glauchau i. Sa. eine neue Weberei zur Erzeugung von Damenkleiderstoffen zu errichten, entschloß sie sich, sämtliche Arbeitsmaschinen mit elektrischen Einzelantrieben zu versehen. Ausschlaggebend für diesen Entschluß war die Erkenntnis der damit verbundenen mannigfaltigen Vorteile gegenüber einer mit Transmissionsantrieb ausgerüsteten Weberei. Ein technisch gut ausgebildeter Einzelantrieb ermöglicht ja bekanntlich die günstigste Ausnützung der Arbeitsmaschine hinsichtlich Menge und Güte der erzeugten Ware, beansprucht wenig Raum und gestattet wegen des Fehlens der flatternden Riemen freien Überblick über den Arbeitssaal. Der unangenehme, feine Faserstaub eines Textilbetriebes wird nicht unnötig durch die Riemen aufgewirbelt, sondern kann sich leicht absetzen, was zur Erhaltung der Gesundheit der Arbeiter nicht wenig beiträgt. Hierzu kommt noch die Sparsamkeit des Kraftverbrauches, die sich insbesondere in einer mit vielen kleinen Arbeitsmaschinen ausgestatteten Fabrik bei den zahlreichen, wenn auch oft kurzen Stillständen der einzelnen Maschinen, stark bemerkbar macht. Die Dachkonstruktionen können natürlich viel leichter ausgeführt werden, als wenn an ihnen Transmissionsteile befestigt werden müssen. Gerade dieser Umstand macht es im vorliegenden Falle möglich, daß im Websaal von 75×64 m Bodenfläche eine einzige Reihe von 12 schmiedeeisernen Säulen ausreicht, um das Sheddach zu

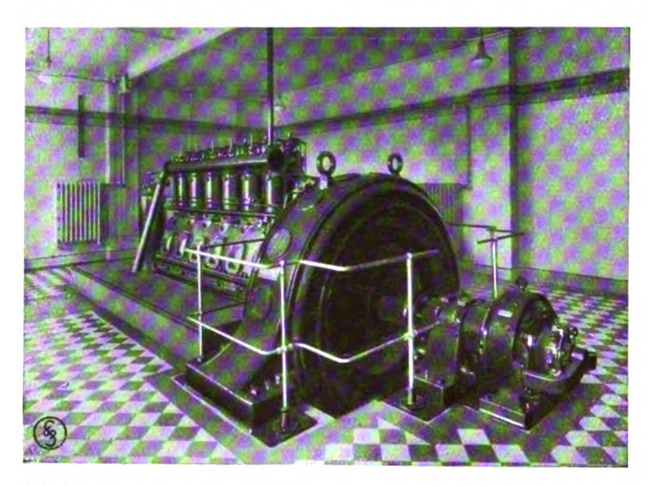


Bild 1. Generator mit Gleichstrom-Erregermaschine, direkt gekuppelt mit kompressorlosem Dieselmotor.

tragen. Die Eisenkonstruktionen mußten eben nur so stark bemessen werden, daß sie dem Eigengewicht und der zusätzlichen Belastung durch Schnee- und Winddruck standhalten. Daß der Shedbau in der leichten Ausführung nur verhältnismäßig geringe Anlagekosten verursachte, ist ja selbstverständlich.

Während bei Transmissionsantrieb und dementsprechend schwerem Dach die zahlreichen Säulen der Aufstellung der Arbeitsmaschinen somit der Platzausnützung hinderlich wären, konnte die Verteilung der Maschinen und Arbeitsplätze im vorliegenden Falle auf zwei freien Flächen von je 75×32 m rein nach Gesichtspunkten der besten Raumausnützung und Zweckmäßigkeit hinsichtlich der Bedienung und des Warentransportes erfolgen.

Der Entwurf und Bau der vollständigen Kraft- und Beleuchtungsanlage wurde den SSW übertragen.

Mit Rücksicht auf den geringen und nur zeitweilig auftretenden Bedarf an Heizdampf, der nur zur Raumbeheizung und zur Versorgung einer Schlichtmaschine benötigt wird, hat man von dessen vorhergehender Ausnützung in einer Dampfmaschine abgesehen und wählte zum Antrieb des elektrischen Stromerzeugers einen Dieselmotor, der nur geringen Raumbedarf erfordert und dessen Betrieb aus den leicht einlagerbaren Ölvorräten ungefähr vier Monate hindurch aufrecht erhalten werden kann. Streike in Kohlengruben, zeitweilige ungenügende Belieferung seitens der Brennstofflieferanten und für den Käufer ungünstige Brennstoffpreise können demnach den Besitzer nicht leicht zwingen, den Brennstoffbedarf mit hohen Preisen zu decken oder gar den Betrieb zeitweilig einzuschränken oder stillzulegen.

Der Dieselmotor, es handelt sich um einen von den Motorenwerken Mannheim vorm. Benz & Cie. erbauten sogenannten kompressorlosen Dieselmotor mit sechs Zylindern und 190 PS effektiver Leistung bei 300 Umdr/min, ist mittels Flanschwelle unmittelbar mit dem Stromerzeuger entsprechender Leistung gekuppelt, in dessen Läufer die zum ruhigen Gang des Dieselmotors notwendigen Schwungmassen eingebaut wurden. Ein besonderes Schwungrad konnte daher fortgelassen werden, was eine gedrungene, wenig Platz beanspruchende Bauart des ganzen Maschinensatzes zur Folge hat (Bild 1). — Auf der Welle des Stromerzeugers ist noch die Gleichstrom-Erregermaschine aufgesetzt.

Der flüssige Brennstoff fließt dem Dieselmotor aus einem oberhalb der Maschinendecke befindlichen Behälter zu, dessen Inhalt zum eintägigen Betrieb bemessen ist. Dieser Vorrat wird aus einem der beiden im Fabrikhof in einer betonierten Grube begehbar angeordneten, eisernen Ölbehälter von je 20 m³ Inhalt nach Bedarf ergänzt.

Die Kühlwasseranlage ist mit einem Kühlturm ausgestattet und so eingerichtet, daß der Betrieb allein mit Leitungswasser aufrecht erhalten werden kann, im Falle die Rückkühlanlage durch irgendeinen Umstand zeitweilig außer Betrieb gesetzt wird.

Auf der Generatorseite des Maschinenraumes befindet sich, wie Bild 2 zeigt, die Schalttafel, auf deren Marmorplatten die zum Betrieb der elektrischen Anlage notwendigen Apparate und Instrumente angeordnet sind. Bemerkenswert ist, daß alle spannungführenden Teile der Apparate grundsätzlich auf der Rückseite der Schalttafel angeordnet sind, während sich auf der Vorderseite nur die Antriebe der Schalter, Meldelampen mit verschiedenfarbigen Gläsern und die Zifferblätter der Meßgeräte befinden. Auf diese Weise wurden größte Übersichtlichkeit und völlige Gefahrlosigkeit der Bedienung erzielt. Auf der einen Seite der Schalttafel ist eine Tür angebracht, durch die man in den Raum hinter der Schalttafel gelangen kann.

Da es nicht ausgeschlossen ist, daß sich einmal der Bezug der elektrischen Energie vom

Überlandwerk billiger als die eigene Erzeugung stellt, so wurde noch eine Transformatorenstation eingerichtet. Diese ermöglicht auch die Aufrechterhaltung des Betriebes, falls eine zeitweilige Störung der Dieselanlage eintreten würde. Durch eine hinter der Schalttafel befindliche Tür gelangt man in den Transformatorenraum, in dem ein größerer und ein kleinerer Satz von Öltransformatoren für Kraftzwecke und ein besonderer Transformator für die Beleuchtung, insbesondere der Büroräume nach Schließung des Betriebes in der Fabrik, sowie die Schaltapparate aufgestellt sind.

Die elektrische Leitungsanlage ist so entworfen, daß eine möglichst kurze und übersichtliche Leitungsführung erzielt wurde. Von der Schalttafel im Maschinenhaus führen Kabel durch die Saalmitte zu gußeisernen Verteilungen, die an den Säulen angebracht sind. Dort zweigen weitere Kabel ab, welche die Antriebe mit Strom versorgen. Auf diese Weise wurde größte Betriebssicherheit erreicht, weil selbst beim Auftreten eines Fehlers in einem Leitungsstrang nur ein geringer Teil der Arbeitsmaschinen für die Zeit der Fehlerbehebung außer Betrieb genommen werden müßte.

Bei der Wahl der zum Antrieb der Arbeitsmaschinen dienenden Motoren und Schaltapparate wurde grundsätzlich Rücksicht auf die Eigenart der betreffenden Arbeitsmaschinen und des Betriebsraumes, in dem die Aufstellung erfolgt, genommen. Dem sich überall absetzenden, feinen Faserstaub trug man durch die Verwendung staubdicht geschlossener Motoren, Schalter und Sicherungskasten Rechnung, so daß ein zeitraubendes, oftmaliges Putzen und Ausblasen wegfällt. Die zum Einschalten und Abstellen der Motoren bzw. der Arbeitsmaschinen erforderlichen Schalter sind so ausgebildet und mit den Arbeitsmaschinen mechanisch in Zusammenhang gebracht worden, daß der Arbeiter nur die zur Bedienung der Arbeitsmaschine nötigen, gewohnten Handgriffe ausführen muß und seine Aufmerksamkeit ganz auf die eigentliche Webarbeit konzentrieren kann. Außerdem ergibt sich dadurch der große, nicht zu übersehende Vorteil, daß falsche Schaltungen, die bei dem ungeschulten Personal sonst oft vorkommen und Betriebsstörungen verursachen, ausgeschlossen sind. Wo es notwendig war, elektrische Sicherungen anzubringen, wurden sie in besonders ausgebildeten, gußeisernen und staubdicht verschlossenen Kasten eingebaut, die versperrbar sind, um leichtsinniges oder böswilliges Hantieren an ihnen unmöglich zu machen.

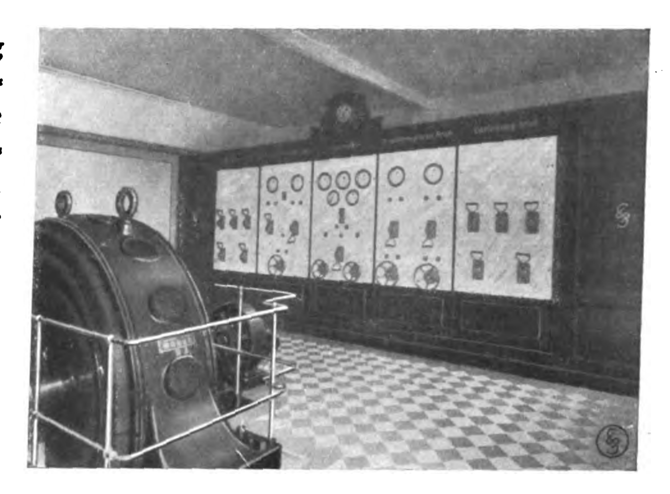


Bild 2. Schalttafel.

Webstuhlantriebe: Einen vollständigen Webstuhlantrieb zeigen Bild 3 und 4. Der geschlossene Motor mit Kurzschlußläufer und Kugellagern ist mit einer besonderen Wicklung ausgestattet, die ihm ein hohes Anzugsdrehmoment verleiht. Dies ist erforderlich, um beim Einrücken des Motors und somit auch des Stuhles den ersten Schuß gleich mit voller Kraft herauszustoßen. Der Motor ist in einem gußeisernen Bock mittels eines Bolzens drehbar gelagert. Seine Lage wird entsprechend dem besten Zahneingriff zwischen Motorritzel und dem auf der Webstuhlwelle sitzenden Zahnrad mit Hilfe einer Schraubenspindel eingestellt und gegen Verschiebung gesichert (Bild 4). Diese Ausführung ermöglicht auch eine leichte Auswechslung des Ritzels zwecks Änderung der Schußzahl. Das große Zahnrad ist mit einer sogenannten Rutschkupplung (D.R.P.) ausgestattet, die im wesentlichen aus einer besonderen Bandbremse besteht und die beim plötzlichen Stillsetzen des Webstuhles dem bereits abgeschalteten Motor erlaubt, vermöge seiner Schwungmasse noch einige Drehungen auszuführen. Sieht man eine derartige Einrichtung nicht vor, so sind zahlreiche Zahnbrüche die Folge der starren Verbindung zwischen Motor und Webstuhlwelle. Ein- und ausgeschaltet wird der Motor mit Hilfe eines dreipoligen Schalters, der, wie Bild 3 zeigt, mit dem normalen Ausrückgestänge des Webstuhles mechanisch verbunden ist. Dadurch wird beim Stillsetzen des

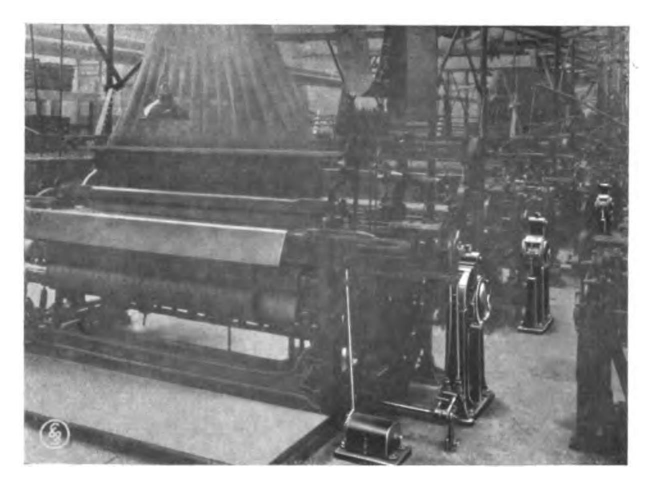


Bild 3. Webstuhl-Bockantriebe.

Stuhles der Motor immer abgeschaltet, so daß während der Stillstände kein Strom verbraucht wird. Da sich insbesondere bei der Buntweberei zahlreiche Stillstände ergeben, so macht sich ein oftmaliges Ein- und Ausschalten des Motors notwendig, wodurch an den Schalter ganz besonders hohe Ansprüche gestellt werden. Er ist daher als Walzenschalter mit kräftigen Kontakten ausgeführt und obendrein noch mit einer Vorrichtung versehen, die eine selbsttätige Schmierung der beweglichen Kontakte herbeiführt, um ein rasches Abarbeiten zu verhindern. Sämtliche 290 Webstühle wurden mit im wesentlichen gleichen Antrieben ausgestattet. Erwähnt sei,



Bild 4. Webstuhl-Bockantriebe. Erster Antrieb rechts zeigt das Zahnrad mit der Rutschkupplung (D. R. P.)

daß die leichten Stühle mit $^1/_3$ PS-Motoren, die Jacquardstühle mit $^1/_2$ PS-Motoren versehen worden sind.

Um eine möglichst einfache und übersichtliche Anordnung der Motorsicherungen und Leitungen zu erzielen, wurden je vier Webstuhlantriebe zu einer Gruppe zusammengefaßt. Die Motorsicherungen für die vier Motoren sind in einem gußeisernen Kasten, der wasserdicht verschließbar und in den Fußboden versenkt ist, untergebracht. Von dort führen in isolierten Stahlpanzerrohren verlegte Leitungen zu den Mortorschaltern und Motoren. Die Sicherungskasten sind untereinander durch eisenarmierte, unter dem Fußboden verlegte Bleikabel verbunden. In Bild 3 sieht man zwischen den Stühlen die Deckel der Sicherungskasten.

Da alle als Speiseleitungen dienenden Kabel und auch die von den Sicherungskasten zu den Motoren führenden Leitungen im Fußboden des Websaales zu verlegen waren, so mußten die Verlegungsarbeiten gleichzeitig mit der Herstellung des Fußbodens ausgeführt werden. Dies erforderte aber Schritthalten mit dem Fortgang der Fußbodenherstellung. Um Zeitverluste zu vermeiden und um die Arbeiten möglichst wirtschaftlich zu gestalten, wurden einige Leute nur mit dem Zurechtmachen der Kabelstücke und mit dem Biegen der Stahlpanzerrohre nach Schablonen beschäftigt. Nach dem Planieren des Erdbodens wurden die Gräben für die Kabel, die ja nicht in die Betonschicht, sondern darunter im weichen Boden verlegt werden dürfen, ausgeschachtet, die Sicherungskasten mit Hilfe der Schlauchwage genau auf gleiche Höhe ausgerichtet und der Reihe nach an die Kabel angeschlossen. Schrittweise wurden dann die Kabelstutzen der Sicherungskasten vergossen, die Stahlpanzerrohre verschraubt und Grobschicht und Feinstrich des Fußbodens hergestellt.

Die Verlegung der Leitungen und Kasten erforderte allerdings sehr genaue Arbeit durch geschultes Personal, gewährleistet aber im fertigen Zustand größte Betriebssicherheit.

Spulmaschinen. Zum Antrieb der 12 Spulmaschinen (Bild 5) wurden die schon bei den Webstühlen erwähnten Bockantriebe verwendet, nur mit dem Unterschied, daß an Stelle des Zahnrades mit Rutschkupplung ein gewöhnliches Zahnrad auf die Maschinenwelle aufgesetzt wurde. Die Motoren sind geschlossene Kurzschlußmotoren mit Kugellagern. Da die Spulmaschinen gewöhnlich bei Betriebsbeginn in

Betrieb gesetzt werden und bis zum nächsten Betriebsstillstand unausgesetzt laufen, wurden die Motorschalter mit einfachen Tritten für Fußbetätigung versehen. Die Spindeldrehzahl kann bei Verarbeitung verschiedenen Garnes leicht durch Auswechslung des Motorritzels auf die günstigste Höhe gebracht werden.

Scher- und Bäummaschinen. Die zuerst aufgestellten acht Scher- und Bäummaschinen wurden durch Kurzschlußläufer-Motoren mittels Riemen angetrieben und sind in Bild 6 dargestellt. Der Motorschalter ist wieder mit dem Ausrückgestänge verbunden, das im wesentlichen aus einer auf der Bäumseite befindlichen Schaltstange besteht. Auf der Scherseite ist noch ein Hebel in Verbindung mit der erwähnten Schaltstange angebracht, durch dessen Betätigung der Motor abgeschaltet werden kann. Der Scherkonus selbst wird aber beim Scheren durch Niederdrücken entsprechender Fußleisten eingerückt und abgestellt, während der Motor weiterläuft, wenn nicht der erwähnte Hebel betätigt wird. Längere Beobachtungen während des normalen Betriebes haben aber bewiesen, daß die Arbeiterin bei Fadenrissen während des Scherens nur durch Fußtritt den Scherkonus abstellt, den Motor aber fast immer weiter laufen läßt, weil sie aus Bequemlichkeit oder Vergeßlichkeit den zum Abstellen des Motors notwendigen Handgriff nicht ausführt. Da nun aber gerade beim Scheren zahlreiche Fadenrisse und daher auch Stillstände auftreten, so ergeben sich durch das Weiterlaufen des Motors Verluste. Aus diesem Grunde hat man bei zwei weiteren Scher- und Bäummaschinen den Motorschalter zwangläufig auch mit den zum Ein- und Ausrücken des Scherkonus vorgesehenen Fußleisten mechanisch verbunden, so daß beim Abstellen des Scherkonus der Motor unbedingt abgeschaltet wird. Bemerkenswert ist noch, daß man den Riemenantrieb zwischen Motor und Maschine durch Zahnradübersetzung ersetzt hat. Eine solche Scher- und Bäummaschine zeigt Bild 7.

Zettelmaschinen. In Bild 8 ist eine der beiden Zettelmaschinen dargestellt, die durch einen geschlossenen, mantelgekühlten Motor mit Kurzschlußläufer angetrieben wird. Das auf der Motorwelle sitzende Zahnrad greift in die Zähne eines großen, gußeisernen Rades ein, dessen Radkörper als Reibungskupplung ausgebildet ist. Der Motorschalter ist auch in diesem Falle mit der Fußtrittleiste mechanisch verbunden und ist so ausgebildet, daß beim Niederdrücken der Fußleiste zunächst der Motor eingeschaltet wird und dann erst die Reibungskupplung zum Eingriff kommt. Auf diese Weise wird ein praktisch stoßfreier Anlauf der Zettelmaschine erzielt und das Reißen der Fäden beim Anlauf vermieden.

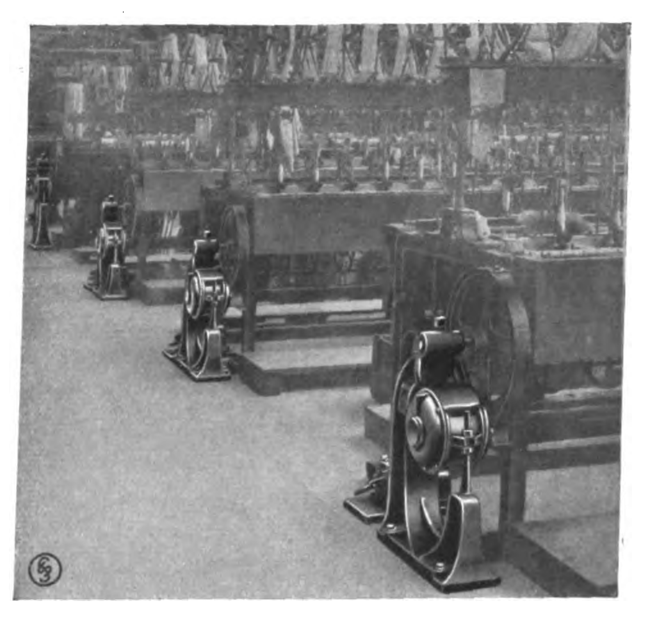


Bild 5. Spulmaschinenantriebe.

Schlichtmaschine. Für die Schlichtmaschine wurde ein Zweimotorenantrieb ausgebildet. Der eine Motor mit Schleifringläufer bewirkt das Durchziehen der Kettfäden durch den Schlichttrog und den Trockenkasten, während der andere

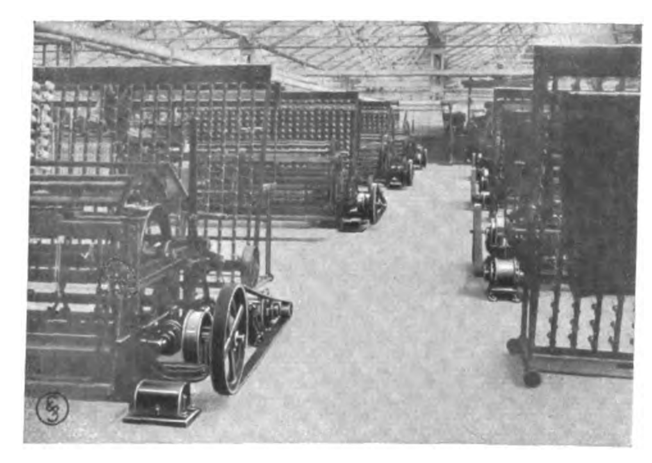


Bild 6. Scher- und Bäummaschinenantrieb mittels Riemenübertragung.

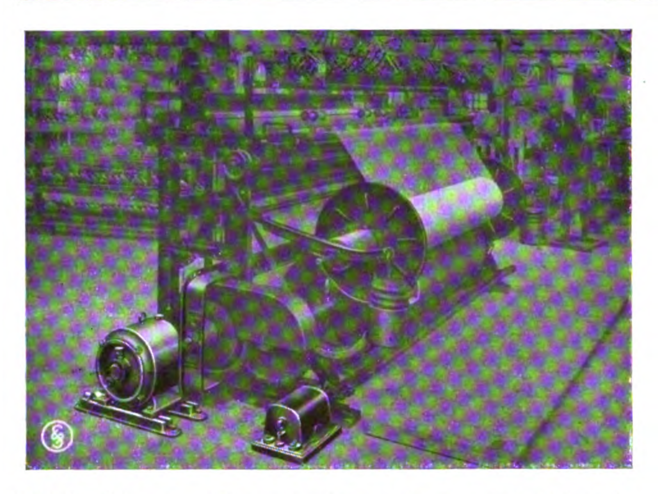


Bild 7. Scher- und Bäummaschinenantrieb mittels Zahnradübertragung.

mit Kurzschlußläufer den zum Absaugen der feuchten Luft aus dem Trockenraum erforderlichen Exhaustor antreibt.

Beleuchtung. Von außerordentlicher Bedeutung für die Güte der Ware ist die Beleuchtung der Arbeitsstätte, insbesondere der eigentlichen Arbeitsplätze. Von einer zweckmäßigen Beleuchtung wird nicht nur gefordert, daß sie das zur Bearbeitung der Ware notwendige Licht liefert, sondern daß dies auch in einer dem Wohlbefinden der Arbeiter zuträglichen Form geschieht. Grelles, beim normalen Arbeiten direkt ins Auge fallendes Licht muß vermieden werden.

Um eine möglichst zweckmäßige Beleuchtung der verschiedenen Arbeitsplätze und des ganzen

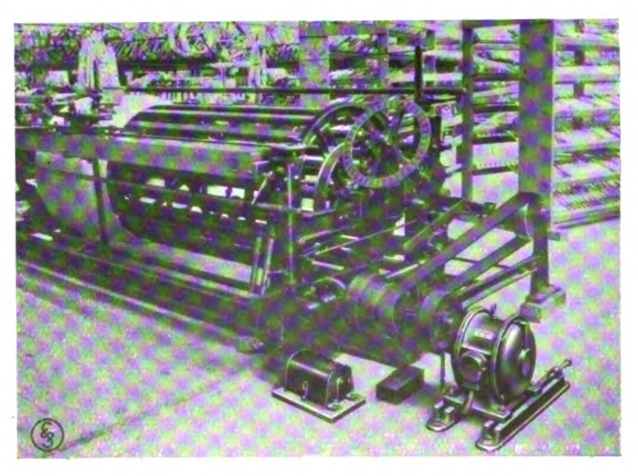


Bild 8. Antrieb einer Zettelmaschine.

Arbeitsraumes zu erreichen, wurden an Ort und Stelle Versuche mit verschiedenartigen Beleuchtungskörpern ausgeführt und für jeden charakteristischen Arbeitsplatz bzw. Raum der zweckmäßigste Beleuchtungskörper, die richtige Lichtstärke und Lichtpunkthöhe bestimmt.

Zur Beleuchtung der Webstühle erwiesen sich Schnurpendel, deren Länge mit Hilfe von Klammern verändert werden kann, am günstigsten. Um den Arbeiter vor dem direkten Lichtstrahl der auf der Warenseite befindlichen Lampen zu schützen wurden tiefe, die ganze Lampe verdeckende Schirme benutzt, deren Form aus Bild 3 ersichtlich ist.

Zur Beleuchtung der Kettbaumseite der Stühle wurde zwischen je zwei Stühlen eine Lampe mit flachem Schirm an ein Schnurpendel gehängt.

Einzelbeleuchtung der Arbeitsplätze mittels Schnurpendeln erwies sich auch für jenen Teil des Arbeitssaales als zweckmäßig, in welchem verschiedenartige Vorbereitungsmaschinen, wie vertikale Scherrahmen, Bäumstühle, Fadenandrehmaschinen u. a. aufgestellt sind.

In anderen Teilen der Arbeitsräume erwies sich eine Beleuchtungsart am günstigsten, die den betreffenden Raum ausgiebig und gleichmäßig mit Licht versieht. Man griff daher für diese Räume zur Verwendung von besonders ausgebildeten Beleuchtungskörpern, bei denen die Lichtausstrahlung nach oben, also die unnütze Beleuchtung des verglasten Sheddaches vermieden und die gesamte Lichtausbeute gleichmäßig nach unten geworfen wird. Die gleichen Beleuchtungskörper wurden in der Warenschau verwendet.

Die Büroräume, die mit glatten, hellen Decken und Wänden versehen sind, wurden mit SSW-Luzetten, ähnlich den im Maschinenraum (Bild 1) verwendeten, ausgestattet, die bei bester lichttechnischer Ausbildung auch eine gefällige Form aufweisen.

Bezüglich des für die Beleuchtungsanlage verwendeten Leitungsmateriales sei erwähnt, daß sowohl im Websaal als auch in den Büroräumen mehradriger Rohrdraht verwendet worden ist. Im Websaal wurde dieser an besonderen Spanndrähten aufgehängt. Bei der Montage ließ sich bei Verwendung des Rohrdrahtes eine große Zeitersparnis dadurch erzielen, daß die zwischen den Pendeldosen zu verlegenden Leitungsstücke, die in sehr großer Anzahl benötigt wurden, von einigen Leuten an einem besonderen Werkplatz fortlaufend vorbereitet wurden, so daß sie von den eigentlichen

Monteuren nur noch angeschlossen werden mußten.

Dort, wo Rohrdraht nicht verwendet werden konnte, wie z. B. in Kellern, wurden gummiisolierte Leitungen, in Isolierrohren verlegt, angewendet.

Der Betrieb der beschriebenen Einrichtungen hat deren Zweckmäßigkeit bewiesen. Wie man aber schon aus dem vorher Gesagten entnehmen kann, war es nur durch tiefgreifendes Studium der Arbeitsmaschinen, durch Klarlegung der Anforderung an Antriebe und Beleuchtung möglich, eine den Bedürfnissen entsprechende und wirtschaftlich arbeitende Einrichtung zu schaffen.

Konstruktion von Kreisen als geometrischer Ort für die Zeitvektoren der Wechselstromtechnik.

Von Dipl.-Ing. Th. Kopczynski.

Man ist schon sehr zeitig auf den Kreis als geometrischen Ort für die Zeitvektoren gekommen, denn die Gerade und der Kreis sind die Gebilde, die in der graphischen Wechselstromtechnik am häufigsten vorkommen. Von den Kreisdiagrammen ist wohl das von Heiland[1]), das Kreisdiagramm des asynchronen Motors, am bekanntesten geworden.

M. Schenkel[2]) zeigte, daß die Ausdrücke von der Form

$$(1) \qquad V = \frac{a + b\,v}{c + g\,v}$$

auf Kreise in allgemeiner Lage als geometrischer Ort für den Zeitvektor V führen.

In der Formel sind a, b, c und g im allgemeinen komplexe Zahlen, v ist ein Parameter, der positiv oder negativ sein kann.

Wie solche Kreise zu zeichnen sind, gibt O. Bloch[3]) an, aber ein Blick in das Verfahren zeigt sofort, daß es umständlich und mühsam ist.

Im Nachstehenden soll gezeigt werden wie man etwas schneller zum Ziele kommt.

Das Verfahren besteht einfach darin, daß aus der Formel 1 drei ausgezeichnete Punkte für den Zeitvektor V bestimmt werden, und durch die drei Punkte ist ja ein Kreis gegeben. Es wäre sehr leicht, den Mittelpunkt des Kreises aus den drei Punkten des Umfanges graphisch zu bestimmen. Wir wollen aber das analytische Verfahren vorziehen, weil oft einer dieser Punkte außerhalb der Zeichnungsformate fällt und wir nur einen Teil des Kreises benötigen, außerdem kann das graphische Verfahren unter Umständen ungenau werden, insbesondere wenn die beiden Mittelsenkrechten einen schleichenden Schnittpunkt bilden.

[1]) ETZ 1894, S. 561.

[2]) ETZ 1901.

[3]) O. Bloch, Die Ortskurven der graphischen Wechselstromtechnik. Zürich 1917, auch Pflieger-Haertel, Arch. f. El. 1923, Bd. 12.

Wir setzen also in die Formel 1 nacheinander für V die Werte 0, ∞ und 1, statt 1 können wir auch jeden anderen passenden endlichen Wert einsetzen. Wir erhalten aus Gleichung 1:

$$(2) \qquad V_0 = \frac{a}{c},$$

$$(3) \qquad V_\infty = \frac{b}{g},$$

$$(4) \qquad V_1 = \frac{a + b}{c + g}.$$

Die Lösung der Gleichungen 2, 3 und 4 erfolgt am schnellsten graphisch[1]). Auf diese Weise erhalten wir die drei Punkte auf dem Umfange des Kreises.

Diese Punkte mögen die Koordinaten

$$(5) \qquad (x_{11}, y_{11}) \quad (x_{21}, y_{21}) \quad (x_{31}, y_{31})$$

haben. Die vorstehenden Werte in die Gleichung eines Kreises von allgemeiner Lage eingesetzt

$$(6) \qquad (x - m)^2 + (y - n)^2 = r^2$$

ergeben drei Gleichungen ersten Grades mit den unbekannten m, n und r

$$(7) \quad x_{11}^2 + y_{11}^2 - 2\,(x_{11}\,m + y_{11}\,n) + A = 0,$$
$$(8) \quad x_{21}^2 + y_{21}^2 - 2\,(x_{21}\,m + y_{21}\,n) + A = 0,$$
$$(9) \quad x_{31}^2 + y_{31}^2 - 2\,(x_{31}\,m + y_{31}\,n) + A = 0,$$

wobei

$$(10) \qquad A = m^2 + n^2 - r^2$$

ist.

[1]) Siehe M. Schenkel, ETZ. 1901.

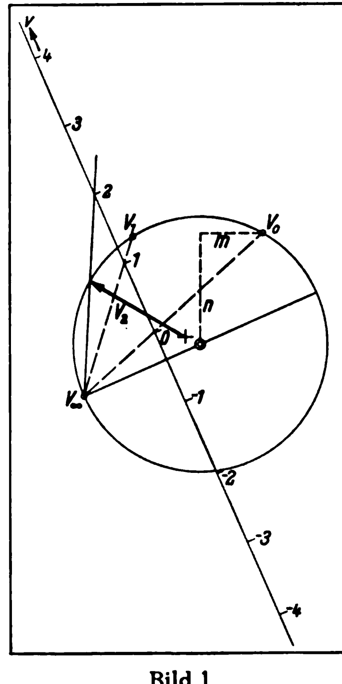


Bild 1.

Die Gleichungen können mit Hilfe von Determinanten[1]) gelöst und daraus die Koordinaten des Mittelpunktes gefunden werden.

Aber auch diese Lösungsweise ist für die Praxis noch zu umständlich. Wir vereinfachen die Gleichungen 7—10 erheblich, wenn der Koordinatenanfang in einen der drei Punkte ohne Verdrehung des Koordinatensystems verschoben wird.

Beispielsweise wählen wir den Punkt (x_{31}, y_{31}) zum neuen Koordinatenanfang und erhalten

(11) $x_{12}^2 + y_{12}^2 - 2(x_{12}m + y_{12}n) = 0,$

(12) $x_{22}^2 + y_{22}^2 - 2(x_{22}m + y_{22}n) = 0,$

weil die Gleichung 9 verschwindet; Gleichung 10 geht über in

(13) $m^2 + n^2 = r^2.$

m und n sind also die neuen Koordinaten des Mittelpunktes.

Für die Transformation der Koordinaten ergeben sich folgende einfache Beziehungen:

(14) $x_{k2} = x_{k1} - x_{31},$

(15) $y_{k2} = y_{k1} - y_{31}.$

Aus den Gleichungen 11 und 12 erhalten wir folgende Beziehungen für m und n:

(16) $$m = \frac{B_1 y_{22} - B_2 y_{12}}{x_{12} y_{22} - x_{22} y_{12}},$$

(17) $$n = \frac{B_2 x_{12} - B_1 x_{22}}{x_{12} y_{22} - x_{22} y_{12}},$$

wobei

(18) $$B_1 = \frac{x_{12}^2 + y_{12}^2}{2}$$

und

(19) $$B_2 = \frac{x_{22}^2 + y_{22}^2}{2}$$

gesetzt ist.

[1]) Netto, Die Determinanten. Teubner, 1910, S. 109.

Es bleibt nur noch die Skala für v zu ermitteln.

Da v in der Gleichung 1 nur im ersten Grade vorkommt, so ist die Skala linear. Die Skalengerade steht senkrecht auf dem Kreisdurchmesser, der durch den Unendlichkeitspunkt geht. Da an dem Diagramm nichts geändert wird, in welchem Abstande vom ∞-Punkt die Skalengerade auch vorbeigeht, so kann man diesen Abstand passend wählen. Der Strahl durch den Punkt ∞ und Punkt v_1 schneidet auf der Skalengeraden den Skalenpunkt 1; es ist dann ein leichtes, auf der Skala die übrigen Punkte einzutragen.

Dies alles ist viel einfacher getan als beschrieben, daher soll nachstehend ein Beispiel durchgerechnet werden.

Es sei die Formel gegeben:

(20) $$V = \frac{-1 + j\,7 - v\,(5 + j\,0{,}3)}{1 + j + v\,(1 - j\,0{,}5)}$$

$$j = \sqrt{-1}.$$

Daraus

(21) $$V_0 = \frac{-1 + j\,7}{1 + j} = 3 + j\,4,$$

(22) $$V_\infty = \frac{-5 - j\,0{,}3}{1 - j\,0{,}5} = -3{,}88 - j\,2{,}24$$

und

(23) $$V_1' = \frac{-1 + j\,7 - 5 - j\,03}{1 + j + 1 - j\,0{,}5} = -2{,}04 + j\,3{,}86.$$

Wir schreiben also

$x_{11} = -2{,}04 \qquad y_{11} = 3{,}86,$

$x_{21} = -3{,}88 \qquad y_{21} = -2{,}24,$

$x_{31} = 3{,}00 \qquad y_{31} = 4{,}00,$

wählen den Punkt (x_{31}, y_{31}) zum neuen Koordinatenanfang und erhalten:

$x_{12} = -5{,}04 \qquad y_{12} = -0{,}14,$

$x_{22} = -6{,}88 \qquad y_{22} = -6{,}24,$

daraus nach Gleichung 18 und 19

(24) $$B_1 = \frac{(-5{,}04)^2 + (-0{,}14)^2}{2} = 12{,}76,$$

(25) $$B_2 = \frac{(-6{,}88)^2 + (-6{,}24)^2}{2} = 43{,}30$$

und nach Gleichung 16 und 17

(26) $$m = \frac{-12{,}76 \cdot 6{,}24 - 43{,}30 \cdot 0{,}14}{5{,}04 \cdot 6{,}24 - 6{,}88 \cdot 0{,}14} =$$

$$-\frac{73{,}53}{30{,}435} = -2{,}42,$$

$$(27) \qquad n = \frac{-43{,}30 \cdot 5{,}04 + 12{,}76 \cdot 6{,}88}{30{,}435} = -\frac{130{,}3}{30{,}435} = -4{,}28.$$

In Bild 1 ist dieser Kreis mit der zugehörigen Skala gezeichnet, der Vektor V_2 für $v = 2$ ist ebenfalls eingezeichnet.

Zusammenfassung: Im Vorstehenden ist eine Rechnungsart geschildert, die sich dadurch besonders einfach gestaltet, daß in der allgemeinen Kreisgleichung der eine Punkt des Kreisumfanges zum Koordinatenanfang gewählt wird und daß keine Verdrehung des Achsenkreuzes stattfindet. Die dazugehörige Skala wird auch auf einfache Weise konstruiert.

Der Ruths-Speicher in der Zuckerfabrik Stöbnitz.

Von Dipl.-Ing. Kurt Halle, Abtlg. Zentralen der SSW.

Bekanntlich kommen die großen wärmewirtschaftlichen Vorteile der Speicheranlagen nach dem System Dr. Ruths besonders in solchen Betrieben zur Geltung, in denen neben dem zur Krafterzeugung zumeist im Gegendruck- oder Entnahmebetrieb verwandten Dampf auch größere Dampfmengen für die Fabrikation, besonders zu Koch- und Heizzwecken, benötigt werden. Die in solchen Fällen meist auftretenden großen Dampfverbrauchsschwankungen bedingen naturgemäß abwechselnd Dampfmangel bzw. Überschuß, und wirken daher außerordentlich störend, sowohl auf die Dampferzeugungsanlage, als auch auf die Produktion. Diesen Nachteilen kann jedoch durch richtige Einschaltung eines Ruths-Speichers aufs wirksamste begegnet werden.

Da bei der Zuckerfabrikation ähnliche Verhältnisse vorliegen, hatte man sich bereits in andern Ländern auch in diesem Industriezweig mit großem Vorteil des Ruths-Speichers bedient. Vor allem gilt dies für dessen Ursprungsland, für Schweden. Anders in Deutschland Wenn auch in den letzten Jahren bereits eine größere Anzahl von Ruths-Wärmespeichern ausgeführt wurden bzw. noch in der Ausführung begriffen sind, die sich auf die mannigfaltigsten Betriebe, wie Zellstoff- und Papierfabriken, Tuch- und Leinenindustrie, Kraftwerke, Molkereien und andre verteilen, so verhielten sich bisher die deutschen Zuckerfabriken demgegenüber sehr zurückhaltend. Die Roh- und Weißzuckerfabrik Stöbnitz, R. Bach & Co., hat sich als erste zur Aufstellung eines Ruths-Speichers entschlossen und den SSW im vergangenen Frühjahr den Auftrag hierzu erteilt.

Das Schema der bisherigen Dampfführung dieser Fabrik zeigt Bild 1. Hieraus ist eine für Zuckerfabriken typische Anordnung mit der üblichen Arbeitsweise zu ersehen. Es sind zwei Kesselreihen mit verschiedenen Drücken in Betrieb, von denen die Hochdruckkessel insbesondere den Maschinendampf, die Niederdruckkessel den Kochdampf liefern. Diese Anordnung hat vornehmlich darin ihren Grund, daß stets größere Mengen niedriggespannten Dampfes benötigt werden, als die Gegendruckmaschinen abzugeben vermögen. Wichtig für die Einschaltung des Speichers ist, daß nur der erste und zusätzlich auch der dritte Körper der sechsstufigen Verdampferanlage direkten Dampf erhalten, während die übrigen immer durch den Brüdendampf des vorstehenden Körpers beheizt werden. In den ersten Körper tritt hierbei der auf etwa 2 at reduzierte Niederdruckdampf, in den dritten Körper außer den Brüden aus dem zweiten Verdampfer Gegendruckdampf von etwa 0,3 bis 0,5 at (der sogenannte Retourdampf). Die Verkochung erfolgt auf Roh- und Weißzucker, und zwar im wesentlichen mittels Brüdendampf vom dritten Verdampfer aus, an dem außerdem noch eine Reihe anderer wichtiger Dampfverbraucher hängen. Natürlich wird sich bei einer derartigen Dampfführung jegliche Produktionsschwankung, sei es von der Verdampferanlage, der Verkochstation oder von andrer Stelle aus, besonders an den vorerwähnten Punkten bemerkbar machen.

Um ein objektives Bild über die Höhe des Dampfverbrauches an sich und über die Größe der maßgebenden Schwankungen zu gewinnen, wurden im Laufe der vorjährigen Kampagne (1923/24) von der Wärmespeicher Dr. Ruths G. m. b. H. genaue Messungen an den beiden hierfür entscheidenden Stellen (M1 und M2, Bild 1) vorgenommen. Die Einzelergebnisse,

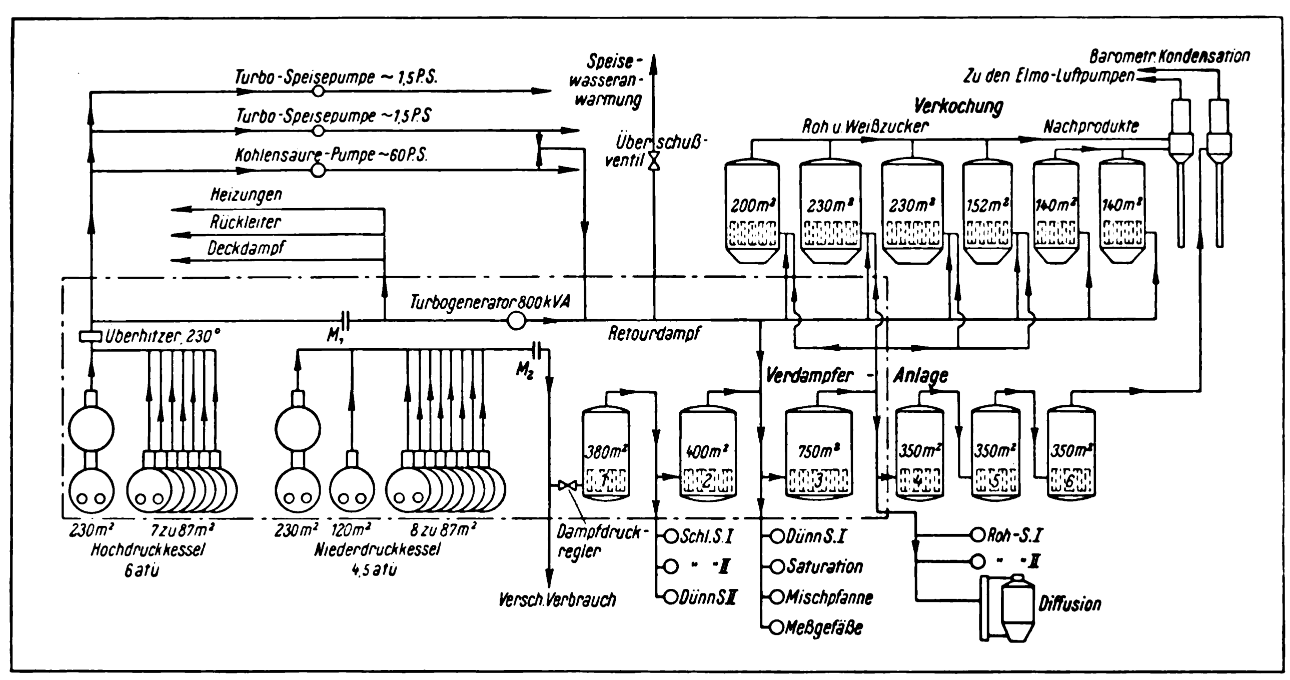


Bild 1. Schema der Dampfführung der Zuckerfabrik Stöbnitz[1]).

ergänzt durch Schätzung der nicht mitgemessenen Dampfmengen, wurden in dem Dampfverbrauchdiagramm Bild 2 zu einem möglichst genauen Gesamtbild zusammengetragen. Hieraus sind überaus starke, plötzliche und unregelmäßige Schwankungen von min. 18 t/h bis zu 39,5 t/h um den mittleren Tagesdampfverbrauch für Kraft und Heizung von 31,2 t/h deutlich zu ersehen. Die damit naturgemäß verbundenen Nachteile dürften ohne weiteres verständlich sein, wie: stark schwankender Kesseldruck, häufige Umstellung der Feuerführung, schlechter Kesselwirkungsgrad, ferner bei zeitweiligem Dampfüberschuß Verluste durch öfteres Abblasen der Sicherheitsventile, schließlich als empfindlichster Nachteil zuweilen eine durch Dampfmangel bedingte Verzögerung des Produktionsprozesses.

Es entstand nunmehr die Aufgabe, einen für die Erzielung höchster Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage unbedingt notwendigen Ausgleich zwischen Dampferzeugung und Dampfverbrauch zu schaffen, wobei jedoch vorauszusetzen ist, daß sich die Dampferzeugung den Erfordernissen der Produktion als dem prinzipiell wichtigeren Teil anzupassen hat. Hierzu ist nun ein Dampfspeicher nach dem System Dr. Ruths vornehmlich geeignet, da er auch die größten Augenblicksspitzen in der Dampfentnahme auszugleichen und den Wirkungsgrad der Kesselanlage durch gleichmäßigere Belastung zu verbessern gestattet.

Zunächst galt es, die Kapazität des Speichers zu ermitteln. Dies geschah auf graphischem Wege unter Zugrundelegung des oben betrachteten Dampfverbrauchdiagrammes, indem in Bild 2 zu der Schwankungskurve die Integralkurve gezeichnet wurde, welche die über oder unter Tagesmittel verbrauchte Dampfmenge anzeigt. Diese Kurve gibt zugleich den jeweiligen Zustand des Speichers, die Lade- und Entladevorgänge wieder und ist daher in ihrem Schwankungsbereich im Vergleich zur Dampferzeugung für die Speicherbemessung entscheidend. Für den Idealfall eines absoluten Dampfausgleichs bei dauernd gleichbleibender Kesselbelastung über 24 Stunden wäre hier eine Speicherkapazität $K_1 = 33\,700$ kg erforderlich gewesen. Dies hätte jedoch zu äußerst großen Speicherabmessungen und hohen Anlagekosten geführt. Es wurde daher, wie zumeist bei Speicheranlagen, der Ausweg beschritten, den Hauptzügen der Dampfverbrauchskurve mit der Dampferzeugung zu folgen. Da hierbei die Regelung der Feuerführung nur in geringem Maße und in längeren Zeiträumen notwendig ist, wird eine spürbare Beeinflussung des Kessel-

[1]) Nach „Die Wärme", Heft 26, Jahrgang 1924.



wirkungsgrades und eine Störung der Kesselbetriebsführung vermieden.

Durch Umhüllung der Integralkurve mittels zweier Parallelen wurde die Kurve der über oder unter Tagesmittel erzeugten Dampfmenge ermittelt, durch deren Verlauf die im Dampfverbrauchdiagramm eingezeichnete Feuerführungslinie in ihrer Lage und Änderung festgelegt ist. Für die Speicherbemessung ist also nur noch der Abstand der beiden Parallelen maßgebend, so daß sich für die Ausführung eine notwendige Speicherkapazität $K_2 = 7000$ kg ergab.

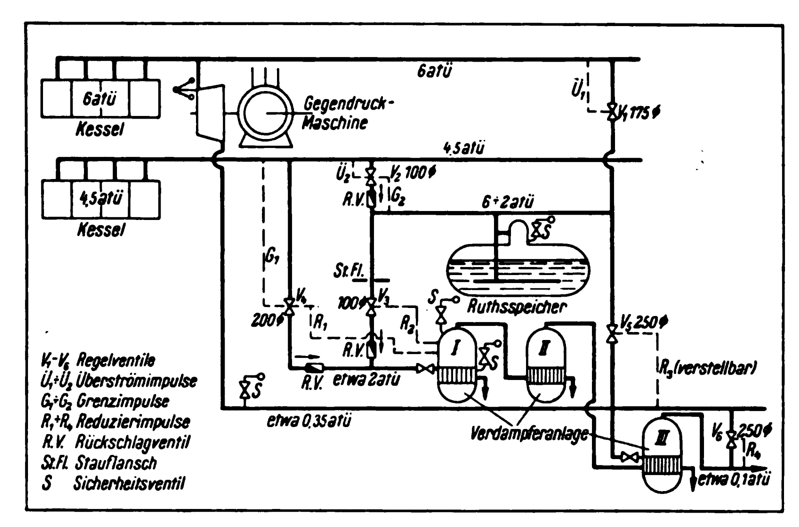


Bild 3. Schaltungsschema.

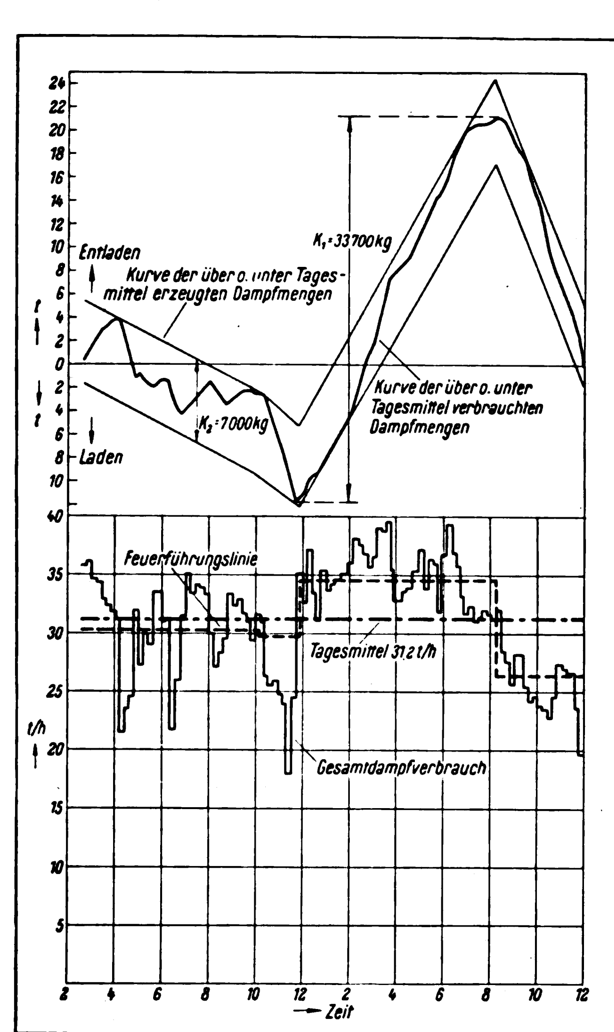


Bild 2. Gesamtdampfverbrauch der Zuckerfabrik Stöbnitz.

Aus diesen Umständen hat der praktische Kesselbetrieb die Forderung zu ziehen, daß die Befeuerung nunmehr stets unter Beobachtung des Speichermanometers zu erfolgen hat. Dieses Manometer wurde als elektrisches Fernmanometer der S. & H. A.-G. in beide Kesselhäuser verlegt, so daß das Heizerpersonal tatsächlich in der Lage ist, die Dampfverbrauchsschwankungen direkt an der Druckänderung des Speichers zu erkennen und hiernach die Feuerführung rechtzeitig zu regeln. Durch sachgemäße Ausnützung der Vorteile des Ruthsspeichers wird daher trotz des kleineren Speichers ein ständiger Ausgleich der Dampfverbrauchsschwankungen ermöglicht und eine größere Wirtschaftlichkeit der Gesamtanlage gewährleistet.

Für die Bestimmung des Schaltungsschemas der Speicheranlage und damit für die Festlegung der Druckgrenzen, zwischen denen der Speicher in Verbindung mit automatisch regelnden Ventilen arbeiten sollte, lagen im vorliegenden Falle verwickeltere Verhältnisse vor als gewöhnlich. Es waren nicht nur zwei verschiedene Kesseldrücke vorhanden, sondern bei näherer Betrachtung zeigte sich auch die Notwendigkeit, daß der Speicher an mehreren Stellen Dampf zuschießen mußte. In dem zuerst behandelten Bild 1 der Gesamtdampfführung ist nun dasjenige Teilgebiet, in das der Speicher eingeschaltet wurde, durch Umrandung hervorgehoben, um das Verständnis des Schaltungsschemas (Bild 3) möglichst zu erleichtern.

Bereits gelegentlich der Besprechung von Bild 1 war auf die Hauptstellen aufmerksam gemacht worden, an denen das Auftreten von Schwankungen zu erwarten sein würde. Diese Vermutung wurde durch Beobachtungen wie folgt

bestätigt. Allerdings war auch der Gegendruckdampf (Retourdampf) sehr starken Schwankungen unterworfen, doch stellte sich heraus, daß die Schwankungen im Kochdampfbedarf vornehmlich von einer unregelmäßigen Dünnsaftzufuhr herrühren und sich daher in größtem Umfange im ersten Körper der Verdampferanlage bemerkbar machen. Hier herrscht nach Reduzierung durch einen Dampfdruckregler im Mittel ein Druck von etwa 1,3 bis 2 at. Um gerade der Stelle der stärksten Schwankungen auf jeden Fall Dampf aus dem Speicher zuführen zu können, lag hiernach seine untere Druckgrenze unbedingt mit 2 at fest. Zwar mußte der Anschluß an die 0,3 bis 0,5 at Gegendruckleitung ebenfalls vorgesehen werden, mit Rücksicht auf den ersten Körper konnte man aber nicht daran denken, den Speicher bis auf diesen Druck herab zu entladen und seine innerhalb niedriger Druckgrenzen besonders große Ergiebigkeit voll auszunutzen. Um hingegen ein möglichst großes Druckgefälle und damit ein kleines Speichervolumen zu erreichen, wurde die obere Druckgrenze nicht mit 4,5 at, sondern mit 6 at gewählt. Naturgemäß kann hierbei ein Aufladen des Speichers durch die 4,5 at-Kessel nur bis zu annähernd gleichem Druck und eine völlige Aufladung lediglich durch die 6 at-Kessel erfolgen. Hieraus ergab sich die Forderung, daß die 4,5 at-Kessel künftig nur eine möglichst konstante Grundlast an Kochdampf zu liefern haben. Der Überschuß beider Kesselreihen, vor allem der 6 at-Kessel, geht in den Speicher, um von dort nach Bedarf den beiden Verbraucherstellen, insbesondere wiederum dem ersten Verdampferkörper zuzufließen.

Diese recht verwickelten Betriebsbedingungen waren grundlegend für die Ausgestaltung des Schaltungsschemas der Speicheranlage und für die Wahl der Regelimpulse der einzelnen Ventile. Die beiden Regelventile V 1 und V 2 erhielten je einen Überströmimpuls Ü 1 und Ü 2, die bei Dampfüberschuß und dadurch bedingter Drucksteigerung die Ventile zum Öffnen bringen. Hierdurch wird der Speicher aufgeladen und ein unnützes Abblasen der Kesselsicherheitsventile verhütet. Das Ventil V 2 erhielt außerdem einen Grenzimpuls G 2, der ein Öffnen dieses Ventiles auf jeden Fall verhindert, wenn der Speicher bereits bis auf den gleichen Druck wie vor dem Ventil gebracht ist. Ein weiteres Aufladen kann dann lediglich durch den 6 at-Dampf erfolgen. Erst wenn der Speicherdruck wieder unter 4 at gesunken ist, gibt der Grenzimpuls G 2 dem Überströmimpuls Ü 2 die Wirkung von neuem frei.

Der bisher vor dem ersten Verdampferkörper eingebaute Dampfdruckregler wurde entfernt und durch die Regelventile V 3 und V 4 ersetzt. Hier war zunächst geplant, den Heizdampfdruck unter Reduzierung auf den vom ersten Verdampferkörper benötigten Druck konstant zu halten. Um jedoch dauernd eine gleichmäßige Verkochung zu gewährleisten, hätte dieser Druck je nach dem Verschmutzungsgrad an den Wärmeaustauschflächen des Verdampfers etwa in den Grenzen von 1,3 bis 2 at wechseln müssen. Eine dauernde Verstellung der beiden Impulse R 1 und R 2 wäre die notwendige Folge gewesen. Um diesen Übelstand zu vermeiden, wurde nach einem von der Verschmutzung unabhängigen Impuls gesucht und in dem Brüdendruck des ersten Verdampferkörpers gefunden. Die Funktion der beiden Ventile wurde folgendermaßen ausgebildet. Der Impuls R 1 hält zunächst durch entsprechende Öffnung des Ventils V 4 den Brüdendruck auf 1 at konstant. Reicht die durch V 4 anfallende Kochdampfmenge jedoch nicht aus, so daß der Brüdendruck unter 1 at zu sinken beginnt, so öffnet R 2 das Ventil V 3 entsprechend und läßt vom Speicher die fehlende Dampfmenge zuströmen. Da die beiden Impulse nur um 0,05 at auseinanderliegen, so wird praktisch der Brüdendruck auf etwa 1 at konstant gehalten. Im Dampfraum des ersten Körpers stellt sich hierbei der jeweils zur Aufrechterhaltung des Kochprozesses notwendige Druck ganz von selbst richtig ein. Da, wie bereits oben ausgeführt, gleichzeitig beabsichtigt war, die 4,5 at-Kessel lediglich eine möglichst konstante Grundlast erzeugen zu lassen, so erhielt V 4 noch einen weiteren Impuls, und zwar einen Grenzimpuls G 1, der nur so lange ein Öffnen des Ventils gestattet, als nicht der Kesseldruck durch die Entnahme unzulässig absinkt. Fällt letzterer unter ein bestimmtes Maß, so drosselt G 1 entsprechend bzw. schließt das Ventil V 4, und der Speicher übernimmt einen größeren Betrag der Dampflieferung. Durch die Impulse Ü 2 und G 1 der Ventile V 2 und V 4 wird also der 4,5 at-Kesseldruck zwischen zwei bestimmten Grenzen unbedingt konstant gehalten.

Wesentlich einfacher gestaltete sich die Konstanthaltung des Druckes an der zweiten Schwankungsstelle. Verschiedene Gründe verboten hier die Verlegung des Impulses R 3 etwa an den Brüdenraum des dritten Körpers. Vielmehr wurde das Ventil V 5 als gewöhnliches Reduzierventil ausgebildet, d. h. es läßt bei Unterschreitung des geforderten Druckes in der Gegendruckleitung den fehlenden Dampf aus dem Speicher zuströmen. Außerdem erhielt es eine äußerst einfache, erstmalig zur Ausführung gelangte Impulsverstellbarkeit. Hierbei läßt sich lediglich durch eine Zeigerverstellung über einer genau eingeteilten Druckskala der zu regelnde Druck beliebig ändern. Diese Einrichtung erschien an dieser Stelle besonders erwünscht, um jeweils die für den Kochprozeß zweckmäßigste, auch hier in geringen Grenzen wechselnde Druckhöhe leicht einstellen zu können. Dem Betrieb wurde auch hierdurch ein Hilfsmittel zur Förderung der Produktion in die Hand gegeben, dessen Benutzung sich bisweilen als äußerst vorteilhaft erweisen wird.

Zu den geschilderten Regelaufgaben der Ventile V1—V5 kam später noch ein weiteres Moment hinzu. Im Laufe der Ausführungsarbeiten wies die Leitung der Zuckerfabrik darauf hin, daß von den zahlreichen nach Bild 1 am Brüdenraum des dritten Körpers angeschlossenen Dampfverbrauchern, insonderheit von der Verkochstation, oftmals eine bedeutend größere Dampfmenge benötigt würde, als der dritte Körper im Augenblick überhaupt an Brüden erzeugen könne. Wegen dieser auch hier auftretenden hohen Belastungsschwankungen, die bisher sogar zeitweilig ein Vakuum im dritten Körper entstehen ließen, wurde noch ein sechstes Regelventil vorgesehen. Dieses Ventil V6 hat die Aufgabe, den Brüdendruck im dritten Körper nicht unter ein bestimmtes Minimalmaß von 0,05 at sinken zu lassen und erhielt einen entsprechenden Reduzierimpuls R4. Wenn auch dieses Ventil wegen der absichtlich niedrigen Impulseinstellung nur relativ selten in Tätigkeit zu treten braucht, so ist doch zu erwarten, daß zumeist parallel zu dem Öffnen von V6 auch das Ventil V5 ansprechen wird. Eine Folge hiervon ist, daß der Speicher auch noch von einem dritten Dampfverbraucher, wenn auch nur indirekt, in Anspruch genommen wird.

Bezüglich der Sicherung von Speicher, Rohrnetz und Verbrauchern sei lediglich auf Bild 3 verwiesen, in dem sämtliche Sicherheitsorgane, wie Stauflansch, Sicherheits- und Rückschlagventile eingezeichnet sind.

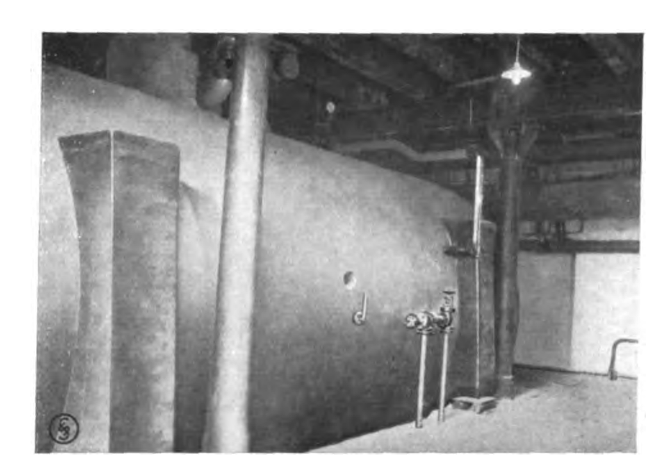


Bild 4. Ansicht des Ruths-Speichers.

Das Schaltungsschema der Speicheranlage mit den geschilderten Regeleinrichtungen mag auf den ersten Blick einen recht komplizierten Eindruck erwecken, doch war seine Gestaltung durch die vorliegenden besonderen Verhältnisse bedingt. Auch zeigte sich, daß die praktische Ausführung und der Betrieb selbst einer so ungewöhnlich umfangreichen Anlage in Wirklichkeit wesentlich einfacher ist. Für die Aufstellung des Speichers, der auf Grund der oben ermittelten Kapazität und der Druckgrenzen ein Gesamtvolumen von 130 m³ erforderte, stand ein durch seine günstige Lage sowohl zu den Verdampfern als auch zu sämtlichen anzuschließenden Drucknetzen sehr geeigneter Raum zur Verfügung. Hier wurde der Speicher, wie aus Bild 4 ersichtlich, zwischen vier gußeisernen Säulen aufgestellt, welche die Decke des darüberliegenden Magazins tragen. Trotz der bedrückenden Enge des Raumes konnte der Speicher mit 3900 mm lichtem Durchmesser und 12250 mm Gesamtlänge gerade noch die notwendige Größe von 130 m³ erhalten. Vor allem gelang es durch Ausnutzung dieses Raumes, dem Speicher eine zentrale und daher äußerst günstige Lage zu geben. In diesem Zusammenhang sei bemerkt, daß bei Genehmigung der Anlage von den zuständigen Behörden keine Einwendungen wegen Aufstellung unter bewohnten Räumen erhoben wurden. Der Speicher wurde, wie üblich, mittels vier angenieteter Tragpratzen aufgelagert, von denen eine als Festpunkt, zwei als Rollenlager

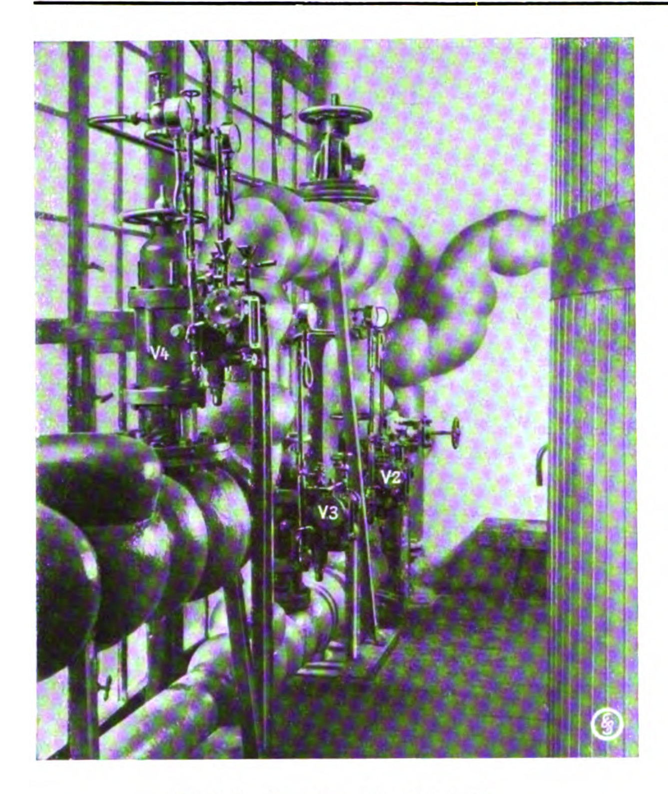


Bild 5. Regelventile V_2 bis V_4.

und eine als Pendelstütze ausgebildet wurde. Zwei dieser Tragpratzen sind in Bild 4, dicht neben den Säulen liegend, zu erkennen, desgleichen der Wasserstand und die Speisevorrichtung.

Letztere dient dazu, den Wasserstand im Speicher, sei es durch Nachspeisen, sei es durch Ablassen, nach einer besonders errechneten und

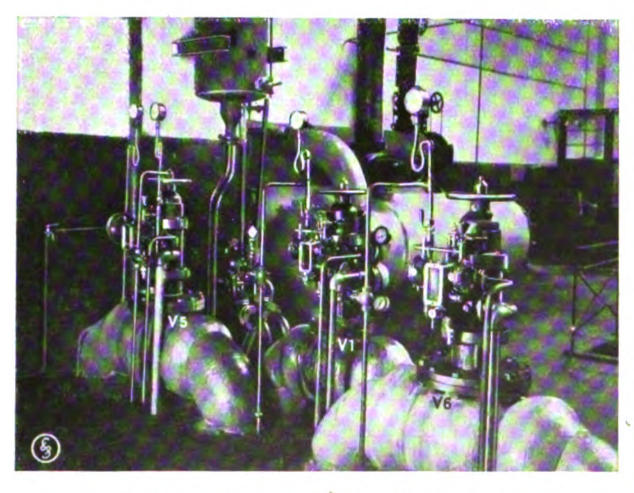


Bild 6. Regelventile V_1, V_5 und V_6.

ausgebildeten Skala dem Druck entsprechend einzuregulieren. Es geschieht dies aus dem Grunde, weil zwischen Druck und Wasserstand eine gewisse Beziehung mit Rücksicht auf beste Wirksamkeit des Speichers besteht. Selbstverständlich kommt es hier nicht auf peinlichste Genauigkeit an, sondern es genügt, die Wasserstandsdifferenzen von Zeit zu Zeit auszugleichen.

Als automatische Regelventile wurden ölgesteuerte Ava-Ventile gewählt. Leider war es mit Rücksicht auf die vorhandenen Verhältnisse nicht möglich, sämtliche sechs Ventile in einer einzigen Regelzentrale anzuordnen, sondern es mußte eine Zweiteilung vorgenommen werden. Hierbei wurden die zugehörigen Ventile analog dem Schaltungsschema zusammengefaßt. Bild 5 zeigt die Ventile V 2, V 3 und V 4 in einem Rohrleitungsknotenpunkt, der trotz der Enge des zwischen Wand, Fenster und erstem Verdampferkörper zur Verfügung stehenden Raumes eine übersichtliche Ausgestaltung erfuhr. Bild 6 gibt die übrigen neben dem dritten Körper untergebrachten Ventile V 1, V 5 und V 6 wieder.

Durch diese Unterteilung der Regelventile entstand eine Anordnung, die auch den Anforderungen des praktischen Betriebes bestens gerecht wurde, da hierbei die Ventile neben den zugehörigen Verbrauchern liegen und vom Bedienungspersonal der Verdampferanlage leicht beobachtet und gewartet werden können. Die Impulsleitungen der Ventile mit zugehörigen Manometern sind auf den Bildern gut zu erkennen, ebenso die Öl-Zu- und Ablaufleitungen, deren Hauptstränge unter Flur verlaufen. Hinter V 1 (Bild 6) wurde die elektrisch angetriebene SSW-Elmo-Ölpumpe aufgestellt, die das Drucköl zu den Ava-Ventilen aus einem im Speicherraum stehenden Ölbehälter ansaugt. Auch das gewichtbelastete Spezialventil zur Konstanthaltung des Öldruckes sowie der untere Teil des Windkessels ist in diesem Bild ersichtlich.

Durch die günstige Anordnung von Speicher und Regelventilen waren trotz des verwickelten Schaltungsschemas nur relativ kurze Anschlußrohrleitungen neu zu verlegen. Allerdings mußte durch eine besondere Rohrleitungsführung der überschüssige, durch V 1 anfallende 6 at-Dampf zwangläufig durch den Speicher geführt werden, um dort zuvor seine Überhitzungswärme abzugeben, ehe er als Sattdampf den Niederdruckverbrauchern zuströmt. Dies geschah mit Rücksicht auf die zulässigen Höchsttemperaturen in der Verdampferanlage. Ferner erwies sich eine

teilweise Vergrößerung der 6 at-Leitung als notwendig.

Über die Betriebserfahrungen sei folgendes berichtet: Der Speicher selbst funktionierte von vornherein völlig einwandfrei. Daß durch die innere Ladeeinrichtung ein vollständiges Kondensieren des zuströmenden Dampfes erzielt wurde, bewies ein öfterer Vergleich zwischen Speicher-Manometer und -Thermometer. Die zur Anwendung gebrachte Isolierungsart, bei der sämtliche Nietnähte des zylindrischen Speicherteils zwecks leichterer Zugänglichkeit mit Blechen begrenzt und mit Kieselgurmasse isoliert wurden, während die freien Flächen eine Korksteinisolierung erhielten, bewährte sich sehr gut. Es wurde eine genaue Messung des Wärmedurchgangs vorgenommen, wobei sich die niedrige Zahl von 0,58 WE je m² und h sowie °C Temperaturunterschied ergab. Hierdurch ist auch verständlich, daß die Überhitzung des 6 at-Dampfes in ihrer Wirkung auf den Speicherwasserstand die geringen Wärmeverluste überwiegt und ein häufiges Nachspeisen notwendig macht. Der Speicher gibt also dem Gewicht nach mehr Dampf her, als die Ladedampfmenge betrug, was als ein wichtiger Vorzug zu buchen ist. Die Ava-Regelventile erreichten zwischen völligem Schließen und Öffnen je nach der Höhe des Impulsdruckes eine Empfindlichkeit von etwas über $^1/_{10}$ at bis zu fast $^1/_{100}$ at. Im übrigen befriedigten sie nach einigen Anfangsschwierigkeiten, die hauptsächlich nur auf Unreinlichkeiten im Ölstrom zurückzuführen waren, vollkommen. Die Wartung der Ventile ist nach erfolgter Einstellung sehr leicht, da sämtliche beweglichen Teile sichtbar sind, so daß das richtige Funktionieren der Regelventile bei Vergleich mit den Impulsdrücken schnell überblickt werden kann.

Von den durch den Einbau eines Ruths-Speichers erzielbaren wirtschaftlichen Vorteilen, die sich jedoch nicht alle zahlenmäßig bestimmen lassen, ist unbedingt der entscheidendste derjenige einer spürbaren Produktionssteigerung bei gleicher Kesselheizfläche. Es sei daran erinnert, daß bereits bei der am Anfang dieses Aufsatzes erörterten Frage der Beseitigung der Dampfverbrauchsschwankungen die Fabrikation gegenüber der Dampferzeugung als der unbedingt wichtigere Teil bezeichnet wurde. Ebenso ist auch hier bei Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Speicheranlage der größere Wert auf eine Produktionssteigerung zu legen, als z. B. auf eine Erhöhung des Kesselwirkungsgrades und damit eine etwaige Kohlenersparnis. Eine Vermehrung der erzeugten Warenmenge fällt eben bedeutend stärker ins Gewicht, als lediglich eine Verminderung der Betriebskosten. In Wirklichkeit gehen bei einer Speicheranlage sogar beide Faktoren Hand in Hand. Bei der vorliegenden Anlage ist aus naheliegenden Gründen eine Mitteilung genauer Vergleichswerte über Kohlen-, Dampfverbrauch u. dgl. noch nicht möglich, doch spricht man von einer ganz wesentlichen Verminderung des spezifischen Dampfverbrauchs, auf 100 kg Rüben bezogen. Diese Zahl würde ein abschließendes Urteil über die im Mittel erzielte Produktionssteigerung gestatten, die natürlich hinsichtlich der Dampfwirtschaft lediglich auf den Speicher zurückzuführen ist. Laut eigener während der Kampagne gemachter Angaben der Zuckerfabrik betrug die tatsächlich erreichte Produktionssteigerung durchschnittlich 4 bis 6000 Zentner Rüben täglich, was einer Erhöhung um rd. 20 v. H. entspricht. Die höchste verarbeitete Rübenmenge, die hiernach erzielt wurde, betrug 32 000 Zentner Rüben täglich, d. h. etwa 23 v. H. mehr gegenüber dem Vorjahre. Diese Werte sind um so bedeutungsvoller, als sie sich bei gleichzeitig verminderter Kesselheizfläche ergaben. Zeitweilig waren zwei, zumeist ein 4,5 at-Kessel von je 87 m² Heizfläche außer Betrieb, entsprechend 10 bzw. 5 v. H. der gesamten Kesselheizfläche.

Unter Berücksichtigung dieses Umstandes würde die auf Grund der gesamten vorhandenen Kesselanlage theoretisch mögliche Produktionssteigerung im Durchschnitt etwa 26 v. H. und im Höchstfalle 30—35 v. H. betragen. Ob diese Zahlen jedoch praktisch erreichbar sind, hängt naturgemäß im wesentlichen davon ab, ob der „engste Querschnitt" überhaupt noch hier, also in der Dampfanlage, zu suchen ist.

Im Angebot war übrigens eine Produktionssteigerung von 22,5 v. H. bei Ausnutzung der gesamten Kesselheizfläche vorausgesagt worden. In Wirklichkeit ist also diese Zahl noch wesentlich überschritten worden.

Was nun die Frage der Kohlenersparnis anbetrifft, so ist gewiß, daß eine solche in spürbarem Maße zu verzeichnen war, doch liegen

hierüber noch keine endgültigen Angaben vor. Daher ist auch noch kein abschließendes Urteil möglich, inwieweit diese Ersparnis auf den Ruths-Speicher und damit auf eine Verbesserung des Kesselwirkungsgrades, oder inwieweit auf zeitweilig bessere Kohle zurückzuführen ist.

Die oben genannten Werte der erzielten Produktionssteigerung genügen jedoch allein schon, um ohne nähere Berechnung eine unbedingte Wirtschaftlichkeit der Speicheranlage zu gewährleisten. Auch ist hiermit der Beweis erbracht, daß in der Zuckerfabrikation, ähnliche Verhältnisse wie in Stöbnitz vorausgesetzt, der Ruths-Speicher bestimmt am Platze, ja zwecks wirtschaftlichster Ausnutzung der Gesamtanlage notwendig ist.

Einige Besonderheiten aus dem Betrieb von Transformatoren in Gleichrichteranlagen

Von Oberingenieur Dr.-Ing. e. h. M. Schenkel, Dynamowerk der SSW.

(Schluß.)

3. Die Entstehung zusätzlicher Spannungsabfälle bei besonderen Schaltungen.

Nachdem wir unter 2. als Ursache der Entstehung des größten Teils des normalen Spannungsabfalles den im Gleichrichter vorhandenen Streufluß erkannt haben, wird es nunmehr klar, weshalb gewisse Schaltungen der Gleichrichtertransformatoren noch weitere zusätzliche Spannungsabfälle hervorbringen und deshalb unter Umständen nicht verwendet werden dürfen.

Da der Gleichrichter den Transformator sekundär vorwiegend in einem einzigen Zweig belastet, von der in Bild 9 erwähnten kleinen Übergangszeit $t_ü$ abgesehen, so werden sich selbstverständlich diejenigen Schaltungen durch besonders geringe Streuung und daher besonders wenig

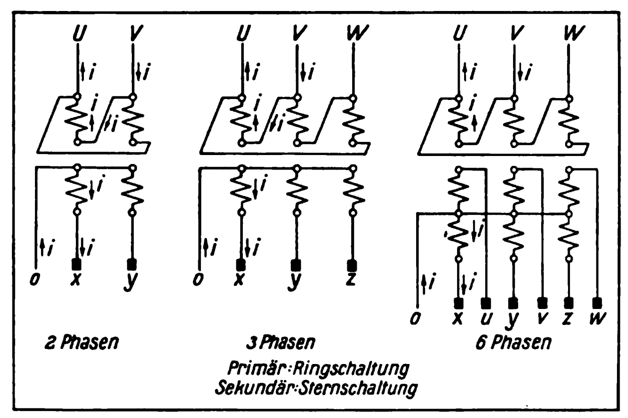


Bild 11. Transformatorschaltungen bei Gleichrichterbetrieb ohne Jochfluß.

Abfall auszeichnen, bei denen auf jedem Transformatorkern sich die primären und sekundären Amperewindungen der Arbeitsströme möglichst genau und zu jeder Zeit die Wage halten. Dies sind im allgemeinen folgende Schaltungen:

1. Primär Ringwicklung zu sekundär Sternschaltung,
2. Primär Sternschaltung zu sekundär Zick-Zack-Schaltung.

Hierbei wollen wir unter Ringschaltung allgemein folgendes verstehen:

Bei Einphasenstrom (n = 2) die Parallelschaltung der Wicklungen auf den beiden Kernen,
bei Dreiphasenstrom (n = 3) die Dreieckschaltung,
bei n-Phasenstrom (n = n) die Schaltung aller Wicklungen zu einem n-seitigen Polygon. Die wichtigsten dieser Schaltungen sind in Bild 11 dargestellt, und zwar ist dort für primäre dreiphasige Speisung sowohl die sekundär dreiphasige Stromabnahme für Dreiphasengleichrichter wie auch die sekundär sechsphasige für Sechsphasengleichrichter aufgezeichnet. Da sich, wie aus den Bildern ersichtlich ist, jeweils die Ströme, die um den gleichen Transformatorkern herumfließen, aufheben, so kommen andere magnetische Flüsse als die ganz gewöhnlichen Streuflüsse, die wir bei Bild 9 in Betracht zogen, nicht vor. Diese Schaltungen erzeugen also nur die normalen Spannungsabfälle, die wir im Abschnitt 2 behandelt haben.

Bild 11 zeigt zugleich, wie der Strom sich in den verschiedenen Netzzuleitungen verhält.

In Bild 12 sind die Stern-Zick-Zack-Schaltungen dargestellt, für dieselben Fälle wie in Bild 11. Die primäre Sternschaltung bringt es mit sich, daß der Primärstrom immer zwei Spulen auf verschiedenen Transformatorkernen durchlaufen muß, wie aus Bild 12 ohne weiteres ersichtlich ist. Damit nun in diesem

Falle keine Amperewindungen auf irgendeinem der Kerne übrigbleiben, muß der sekundär entnommene Strom ebenfalls über jeweils zwei verschiedene Kerne geführt werden, wodurch die Zick-Zack-Schaltung entsteht.

Werden diese beiden Schaltformen nicht verwendet, sondern wird eine einfache Sternschaltung sekundär mit einer einfachen Sternschaltung primär verbunden, so ergeben sich neue, von den vorherigen völlig abweichende Verhältnisse. Wie zuvor muß der Sekundärstrom nur aus einer einzigen Phase fließen, der er durch die Nullleitung wieder zukommt; primär dagegen muß der Strom zwangsweise durch zwei oder mehr Phasen fließen. Eine nähere Untersuchung zeigt, daß der Primärstrom zwangsweise um alle Kerne herumfließt, und zwar fließt er demjenigen Kern, der mit Sekundärstrom i belastet ist, im Betrage $\frac{n-1}{n} \cdot i$ zu, während er sich auf die übrigen $n-1$-Kerne, denen keine sekundär belasteten Wicklungen gegenüberstehen, im Betrage von je $\frac{1}{n} \cdot i$ verteilt. Dabei soll n die Zahl der vorhandenen Magnetkerne bedeuten, und die Windungszahlen der primären und sekundären Wicklungen sollen einander gleich sein.

Wie Bild 13 zeigt, gibt diese Verteilung bei Entnahme eines Stromes i sekundär bei $n = 2$ in jedem der primären Kerne den Strom $\frac{1}{2}$ i und bei $n = 3$ in dem belasteten Kerne den Strom $\frac{2}{3}$ i, in jedem unbelasteten Kern den Strom $\frac{1}{3}$ i. Addiert man nun die Amperewindungen jedes Kernes, so sieht man, daß auf jedem Kerne ein gewisser, und zwar überall gleicher Betrag von Amperewindungen übrigbleibt. Auf dem unbelasteten Kern wird dieser Betrag von Amperewindungen direkt durch den durchgehenden Stromanteil $\frac{1}{n} \cdot i$ gebildet. Auf dem belasteten Kern kommt er von der Differenz $i - \frac{n-1}{n} \cdot i = \frac{1}{n} \cdot i$ des primären und des sekundären Stromes her. Wie leicht zu sehen, beträgt der Amperewindungsbetrag auf jedem der n Kerne $\frac{1}{n} \cdot i$ und außerdem hat er, was wichtig ist zu bemerken, überall die Richtung des s e k u n d ä r e n Stromes bzw.

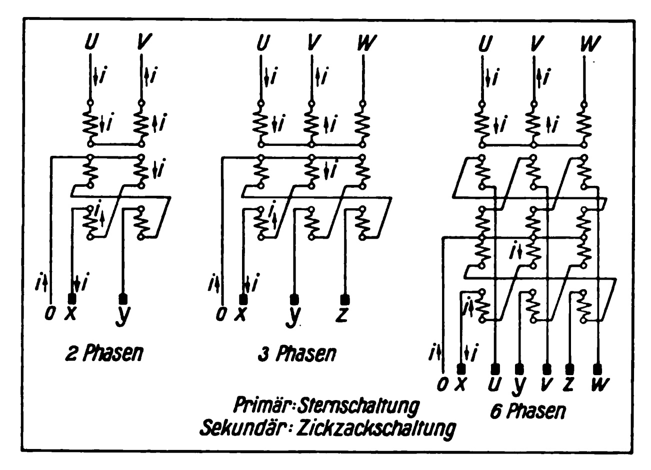


Bild 12. Transformatorschaltungen bei Gleichrichterbetrieb ohne Jochfluß.

der sekundären magnetomotorischen Kräfte. Daher wird ein in Stern-Sternschaltung betriebener Transformator auf allen seinen Kernen gleichmäßig magnetisiert. Der infolge dieser Magnetisierung entstehende magnetische Fluß ist mangels eines eisengeschlossenen Rückweges genötigt, durch das eine Joch des Transformators in den umgebenden Luftraum hinaus und durch das andere Joch wieder hereinzutreten. Von Joch zu Joch breitet sich daher durch die den Transformator umgebende Luft bzw. durch dort befindliche Eisenmassen (Transformatorkessel) ein magnetischer Fluß aus. Diesen Fluß wollen wir infolge seines eigentümlichen räumlichen Verlaufs als „J o c h f l u ß" bezeichnen. Da es eine Eigen-

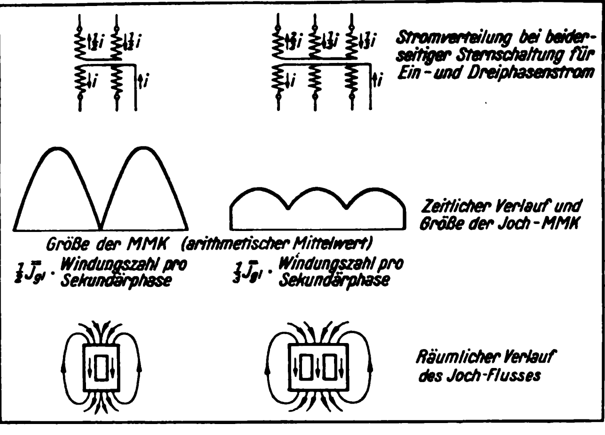


Bild 13. Transformatorschaltungen bei Gleichrichterbetrieb mit pulsierendem Gleichfluß von Joch zu Joch.

art des Gleichrichterbetriebes ist, daß der Strom sekundär i m m e r vom Nullpunkte w e g fließt, so wechselt in Bild 13 dieser „Jochfluß" seine Rich-

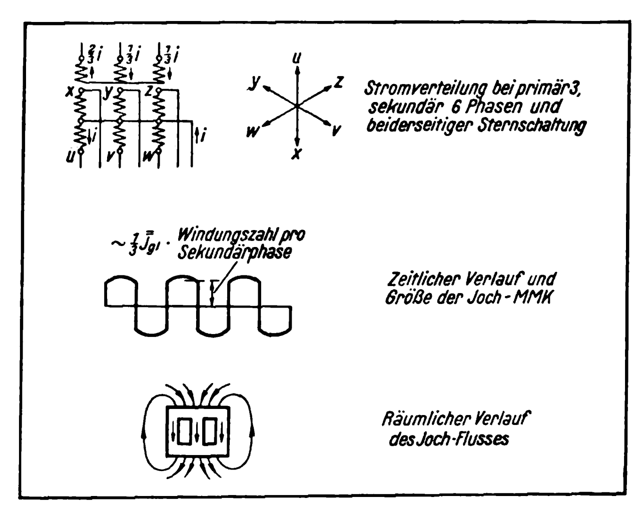


Bild 14. Transformatorschaltungen bei Gleichrichterbetrieb mit Wechselfluß von Joch zu Joch.

tung nicht, höchstens seine Größe. Er ist ein „Gleichfluß". Er ist also ein etwas pulsierender Kraftfluß. In Bild 13 ist das Maß der Pulsation dargestellt. Ferner ist auch der räumliche Verlauf innerhalb der Kerne und außerhalb durch die Luft veranschaulicht. Da der Fluß also nur etwas schwankt, aber nicht wechselt, so verursacht er nur wenig zusätzlichen Spannungsabfall in der Gleichrichteranlage. Deshalb findet man bei Gleichrichteranlagen mit sekundär zwei- oder dreiphasiger Stromentnahme, also in der Hauptsache bei den Glas- und Klein-Gleichrichteranlagen, die gewöhnliche Stern-Sternschaltung sehr oft angewandt, insbesondere in Verbindung mit Sparschaltungen nach 1. Daher ist es hier nicht nötig, daß die zugehörigen Transformatoren für besonders kleine Kurzschlußspannungen gebaut werden.

Wenn nun auch die Stern-Sternschaltungen nach Bild 13 keinen besonderen Nachteil für den Betrieb bieten hinsichtlich des Spannungsabfalls, so muß man doch die Anwesenheit des Jochflusses nicht außer Acht lassen. Die Ausbreitung des Jochflusses durch die Luft kann z. B. die Umgebung stark stören, indem sie den Gang von Uhren beeinflußt oder indem die vom Joch ausgehenden und etwas pulsierenden Felder durch ihre geringe Pulsation benachbarte Leitungen, z. B. Fernsprechleitungen, induzieren und dort störende Geräusche verursachen. Ferner ist zu beachten, daß in dem Jochfluß eine bedeutende magnetische Energie angehäuft ist, weil er verhältnismäßig kräftig ist und hauptsächlich durch die Luft verläuft. Das Ausschalten solcher Gleichrichteranlagen ist deshalb mit kräftigem Schaltfeuer verbunden und gefährdet durch Auftreten höherer Spannungen beim Verschwinden der magnetischen Energie leicht die Isolation gegen Erde. In vielen Fällen ist dieses Schaltfeuer heftiger, wenn man zuerst die Gleichstromseite abschaltet, weil die magnetische Energie sich dann nicht mehr durch Ströme, die sie in der in Stern geschalteten Primärwicklung nicht erzeugen kann, ausgleichen kann. Schaltet man dagegen die Primärseite zuerst ab, so ist das Feuer geringer, weil dann die magnetische Energie über den noch geschlossenen Gleichstromkreis durch Ausbildung von entsprechenden Strömen langsam verschwinden kann.

Erhebliche Spannungsabfälle bringt nun in die Gleichrichteranlage die Stern-Sternschaltung bei Verdopplung der sekundären Phasenzahl mit sich, also z. B. bei der bekannten sechsphasigen Gleichrichteranordnung. Hier bilden sich, während der Strom einer Anode des Gleichrichters zufließt, grundsätzlich die gleichen Stromverteilungen wie nach Bild 13 aus. Da aber jeder Kern der Sekundärwicklung noch eine zweite Spule trägt, die im umgekehrten Sinne an eine andere Anode des Gleichrichters angeschlossen ist, so wechselt jetzt, wenn diese Anode Strom liefert, die Richtung der resultierenden magnetomotorischen Kraft für den Jochfluß und es wird der Jochfluß zum Wechselfluß. Diese Verhältnisse sind in Bild 14 wiedergegeben. Da, wie wir oben gesagt hatten, der Jochfluß die Richtung der sekundären magnetomotorischen Kraft hat, wirkt er nun so, als ob eine sehr große Selbstinduktion in jede der Gleichrichteranodenzuleitungen eingeschaltet wäre. Als Selbstinduktion fungiert dabei der ganze Transformator. Infolgedessen bringt dieser Jochfluß nach denselben Grundsätzen, wie sie bei Bild 9 auseinandergesetzt worden sind, einen erheblichen weiteren induktiven Spannungsabfall hervor. Dieser prägt sich besonders bei schwacher Belastung stark aus und mildert sich erst bei größerer Belastung, weil sich dann die vom Jochfluß durchsetzten Eisenteile und die Kerne des Transformators sättigen und damit die Induktivität geringer wird. Die Stelle, an der die Milderung einsetzt, hängt also von dem Maße ab, in dem der Jochfluß den Transformator

sättigen kann. Der Spannungsabfall, wie er in einer derartigen Anlage gemessen wurde, ist in Bild 15 dargestellt. Es zeigt unter $\overline{\overline{E}}_{gl}$ die Spannung hinter dem Gleichrichtergefäß mit dem größten Abfall von 24 v. H., während die vor dem Gleichrichtergefäß an den Transformatorklemmen meßbare Spannung $\overset{\infty}{E_2}$ außerordentlich wenig, nämlich nur 1 v. H., abfällt. Infolge der großen Induktivität ist auch die in Bild 9 erwähnte Übergangszeit ($t_{ü}$) des Stromes von einer Anode zur anderen bedeutend in die Länge gezogen. Während früher der der Anode entnommene Strom sich über nicht viel mehr als $^1/_6$ der Periode ausdehnt, d. h. meistens nur eine Anode in Tätigkeit war, beteiligen sich jetzt immer zwei Anoden an der Stromlieferung, und die Anodenstromkurve erstreckt sich über mehr als $^2/_6$ der Periode. Gleichzeitig prägen sich in der Spannungskurve die Aus- und Einbuchtungen von Bild 9 beherrschend aus und rücken derartig nahe aufeinander zu, daß die im Leerlauf sinusförmige Spannungskurve durch die Aus- und Einbuchtungen oben abgeflacht erscheint. Diese Verhältnisse sind oszillographisch aufgenommen und in Bild 16 dargestellt, das außerdem noch die hinter dem Gleichrichter gleichstromseitig gemessenen Stromstärken und Spannungen zeigt.

Es ist zu bemerken, daß diese Auseinanderziehung der Stromstärken in den Anoden und die ständige Beteiligung **zweier** Anoden auf der

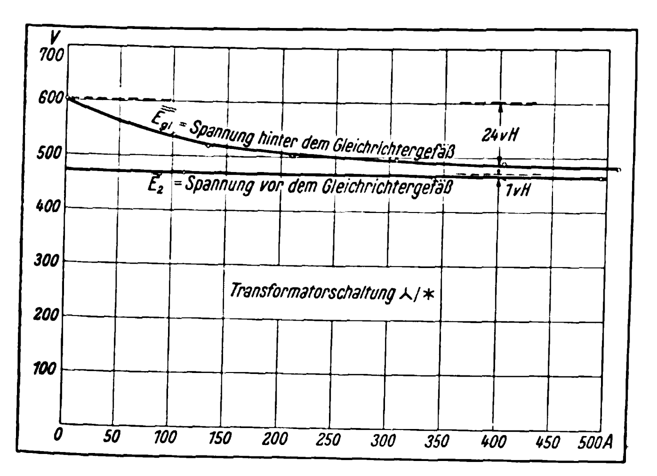


Bild 15. Spannungsabfall bei Gleichrichterbetrieb, Transformatorschaltung: primär 3, sekundär 6 Phasen.

Sekundärseite andererseits gewisse Vorteile bietet. Der Haupttransformator kann, weil er jetzt vorteilhafter ausgenutzt wird, kleiner bemessen

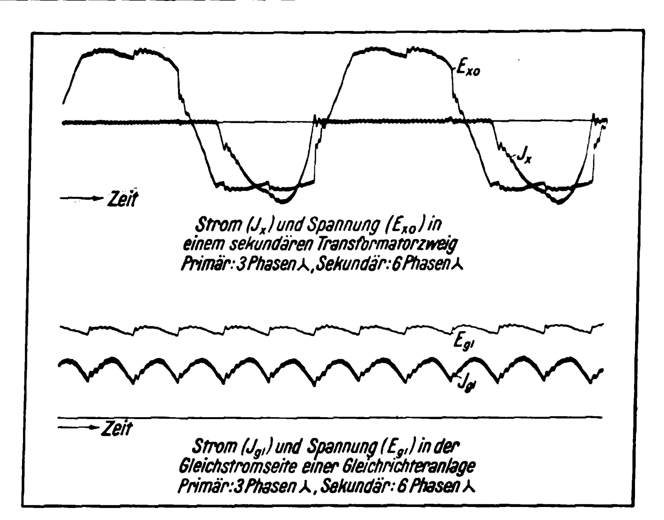


Bild 16. Wechsel- und Gleichstromseiten in einer Gleichrichteranlage mit Schaltung nach Bild 14 und Spannungsverlauf nach Bild 15.

werden, als wenn jede seiner Wicklungen nur während $^1/_6$ der Periode tätig wäre. Wenn also der Gleichrichter nicht sehr stark, vor allem nie bis Null, entlastet wird, sondern immer eine gewisse konstante möglichst volle Belastung hat, so daß bei den dann noch vorkommenden Belastungsänderungen die Änderung im Spannungsabfall gemäß Bild 15 unwesentlich ist, so kann man durch eine solche Schaltung einen kleineren Transformator bekommen, als bei der üblichen Dreieck-Sternschaltung.

Ferner wird infolge der besseren Stromverteilung im Transformator der normale Spannungsabfall (nach Abschnitt 2) kleiner. Man sieht daher aus Bild 15, daß die Gleichspannung $\overline{\overline{E}}_{gl}$ bei höheren Belastungen — also nach dem Verschwinden des zusätzlichen anfänglichen Abfalls — bemerkenswert konstant bleibt, insbesondere wenn man den Verlauf der beiden $\overline{\overline{E}}_{gl}$ in Bild 5 und 15 miteinander vergleicht. In Bild 5 ändert sich $\overline{\overline{E}}_{gl}$ für je 100 A Belastungsänderung um 18 V, in Bild 15 für je 100 A zuletzt nur noch um 8 V.

Auch bei dieser Schaltung ist die Feldenergie des Jochflusses groß und das Abschalten des Transformators mit Feuer verbunden, das besonders heftig wird, wenn zuerst gleichstromseitig abgeschaltet wird, aus demselben Grunde, wie oben bei Bild 13 geschildert. Man soll daher stets erst drehstromseitig abschalten. In unseren Erläuterungen dürfte diese in der Praxis schon bekannte Bedienungsregel ihre Erklärung finden, aber gleichzeitig auch ihre Beschränkung auf

diejenigen Schaltungen, die einen solchen Jochfluß erzeugen. Zu diesen gehört, wie nebenbei bemerkt sei, auch die in manchen Gleichrichteranlagen anzutreffende „Saugdrosselspule“, die grundsätzlich nach den zu Bild 14 bis 16 gegebenen Erläuterungen wirkt. Insbesondere bewirkt sie den großen Anfangs-Spannungsabfall nach Bild 15.

Von Siemens & Halske ausgeführte selbsttätige Streckenblockanlagen

Selbsttätige Zwischensignale auf der Hamburger Hochbahn 1914.

Von Dr.-Ing. Arndt, Blockwerk der S. & H. A.-G.

(Schluß.)

Das Blockrelais.

Das der Steuerung der zweistelligen Flügelsignale dienende Blockrelais ist ein von zwei Seiten gespeistes sogenanntes Scheibenrelais. Mit Strom beliefert wird die eine Wicklung des Relais in bekannter Weise von der Gleisisolierung her, die andere über Leitungen unmittelbar von dem Blocktransformator. Die an die Gleisisolierung angeschlossene Wicklung, die Gleiswicklung, entnimmt Blockstrom von etwa 1,5 V~, die Hilfswicklung von etwa 110 V-Spannung.

Die Wirkungsweise des Scheibenrelais ist die folgende:

Zwischen den Polschlitzen zweier geblätterter hufeisenförmiger und räumlich um 90° versetzter Magnetwicklungen ist nach Bild 8 eine Metallscheibe in a—a drehbar gelagert. In der Scheibe wird bei gleichzeitigem Fließen der Ströme in den Wicklungen durch Induktion ein Drehfeld erzeugt, das die Scheibe in Drehung versetzt. Die Scheibe überträgt nach Bild 9 ihre Drehung durch ein kleines Zahnrad-Vorgelege auf den aus einem oder mehreren Kontakten bestehenden Kontaktmechanismus 1, 2 und 3.

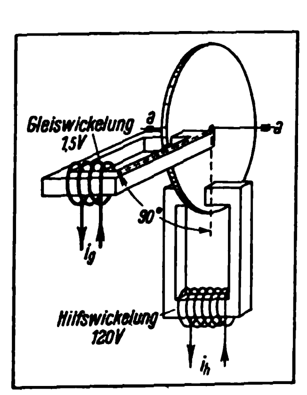


Bild 8. Scheibenrelais.

Bei erregten Magneten ist der obere Kontakt 2 geschlossen, wobei unter Berücksichtigung der Gewichtswirkung des Triebmechanismus Gleichgewicht besteht zwischen den Drehkräften in der Scheibe und den Federkräften des Kontaktes. Ist die Gleiswicklung kurzgeschlossen, so hört das Drehmoment in der Scheibe auf, und die Feder und das Gewicht drehen die Scheibe in die Ruhestellung, wobei der untere Kontakt 3 geschlossen wird. Die konstruktive Durchbildung und die Hauptabmessungen zeigt Bild 10. Gleiswicklung g sitzt im oberen, Hilfswicklung h im unteren Teile des kreisförmig ausgebildeten Relaisgehäuses.

Die Enden der Wicklungen sind zu den vorn zugänglichen isolierten Klemmen üblicher Art geführt. Über die Magnete und Kontakte ist ein Schutzglas gesetzt, das durch einen Metalldeckel abgedeckt und im Betriebe durch Plombenverschluß gesichert wird. Durch das Schutzglas ist es jederzeit leicht möglich, die Kontakte und beweglichen Teile zu prüfen. Die Ausführung mit einem Kontakt zeigt Bild 11.

Schaltung und Kabelplan.

Die Schaltung der Flügelsignale, Bild 12, entspricht im Wesen der auf Seite 90 des Heftes 3 der Siemens-Zeitschrift 1924 kurz erörterten. Wegen der geringen Kontaktzahl des Blockrelais ist noch ein kleines Hilfsrelais benutzt, der Steuermagnet m für Gleichstrom, und über dessen Kontakte sind die Ströme zum Stellen und Prüfen der Signalabhängigkeiten geführt. Bei freier Isolierstrecke, also geschlossenem Kontakte des Blockrelais, fließt Kuppelstrom z. B. am Signal C von der Stromquelle (220 V) über den Selbstschlußkontakt an m, Relaiskontakt Rc, die Magnetwicklung m, Kuppelung k, Rückleitung b_2 zur Stromquelle zurück. Der Motorstrom fließt aus der Stromquelle (220 V) über Relaiskontakt m, den unteren Motorkontakt, die Feldwicklung des Stellmotors zum Anker und über b_2 zurück. Nach erfolgtem Auf-Fahrt-Gehen des Signalflügels schaltet sich der Motorstrom durch den Motorkontakt selbsttätig ab, und dann

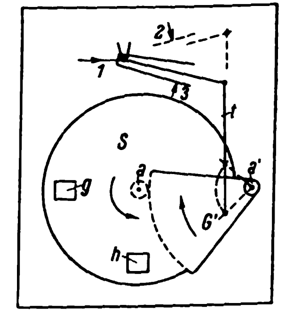


Bild 9. Kontakteinrichtung.

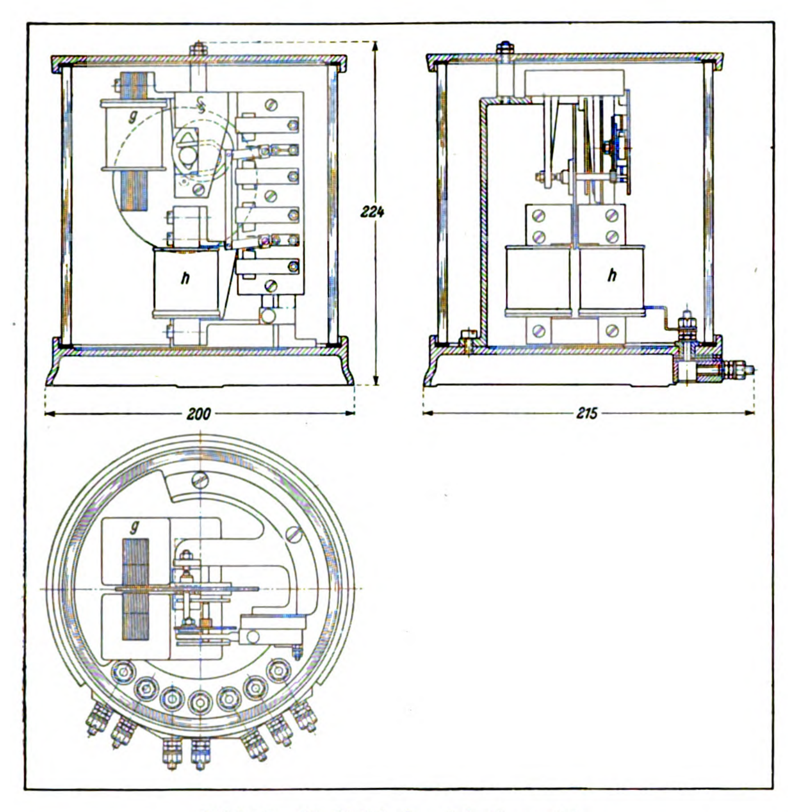


Bild 10. Maßbild des Scheibenrelais.

fließt nur noch der vorher erwähnte Kuppelstrom, durch den der Flügel in der Fahrlage festgehalten wird. Bei der selbsttätigen Blockung eines Signals, z. B. wenn die Isolierstrecke I_{ZA} besetzt und I_C geräumt wird, fließt Blockstrom auf dem Wege: Stromquelle (220 V) — Flügelkontakt ZA in Haltlage geschlossen — Blockleitung b_1 — Relaiskontakt Rc—m—k—b_2. m zieht seinen Anker an und stellt den Flügel in der vorher erörterten Weise auf Fahrt. Die sonstigen Schaltvorgänge sind aus den früheren Bildern ohne weiteres ersichtlich und brauchen kaum besonders erklärt zu werden.

Die Führung aller Kabel, wie Relais- und Transformatorkabel, Abhängigkeits- und Speisekabel, verdeutlicht der Kabelplan (Bild 13).

Die selbsttätigen Einrichtungen konnten sich nicht nur auf dem Hauptgebiete der Schnellbahnstreckenblockung, sondern auch auf Nebengebieten in beachtenswerter Weise dem Betriebe nützlich erweisen. Vielfach ergab sich im Betriebe die Notwendigkeit, unübersichtliche Gleisstücke, wie z. B. unter Hallen liegende Bahnsteiggleise, durch besondere Wärter überwachen zu lassen. Die Wärter melden nach dem meist weit entfernten Stellwerk das Freisein der Gleise, wonach das auf diese Gleise weisende Einfahrsignal für eine neue Zugfahrt eingestellt wird. Diese Art der Sicherung ist, wie leicht zu ersehen, umständlich und sehr unwirtschaftlich. So geartete Betriebsverhältnisse wurden seinerzeit von dem Sächsischen Elektrotechnischen Amt für Hauptbahnhof Leipzig als verbesserungsbedürftig erkannt und auf Veranlassung des damaligen technischen Dezernenten, des Herrn Baurat Lehmann, arbeitete das Blockwerk eine selbsttätige Überwachung dreier Bahnsteiggleise durch, bei dem die Wärter entbehrlich wurden. Die von der Anlage zu erfüllende Aufgabe war:

Jede erneute Fahrstellung für eines der drei Gleise darf nur möglich sein, wenn das betreffende Bahnsteiggleis in seiner ganzen Ausdehnung von Zugachsen frei ist. Erst wenn dies festgestellt ist, darf dem Kuppelmagneten des elektrisch gestellten Einfahrsignals und dem Magneten für Freigabe der Fahrstraße Strom zugeführt werden. Diese Bedingungen erfüllen die an die isolierten Bahnsteiggleise in bekannter Weise angeschlossenen Blockrelais vollkommen.

Wie die Gleisisolierungen gestaltet sind, zeigt unter Fortlassung aller weniger wichtigen Einzelheiten Bild 14. Man erkennt, wie der an vorhandenen, zur Bahnhofsbeleuchtung dienenden

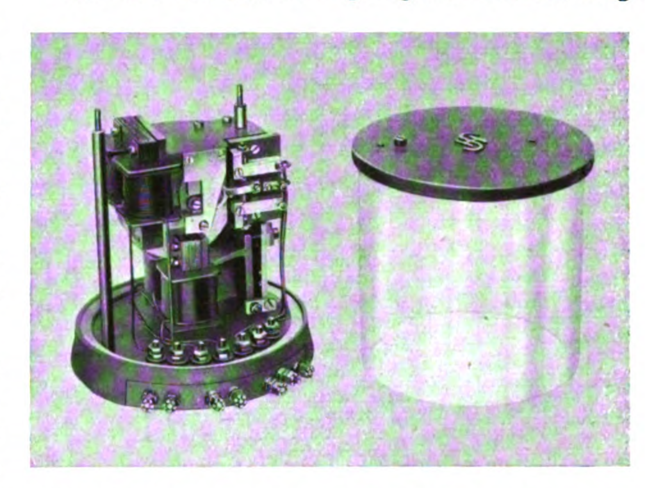


Bild 11. Blockscheibenrelais mit abgenommener Glashaube.

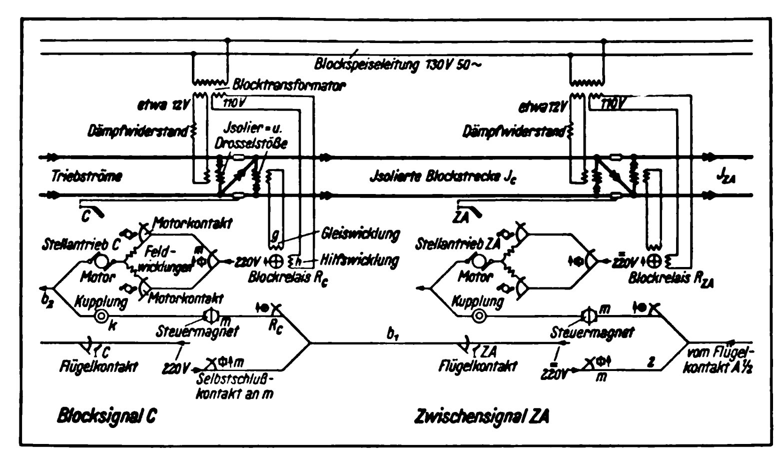


Bild 12. Schaltung.

Drehstrom (220 V, 50 Per) angeschlossene Blocktransformator T mit seinen Sekundärwicklungen s 1 und s 2 die Gleisisolierungen und damit die Blockrelais mit Strom beliefert. Davon, die Perioden besonders umzuformen — was hier und da noch durch kostspielige umlaufende Umformer geschieht —, wurde abgesehen. Solche Umformungen erhöhen die Unterhaltungskosten und sind, wie die fast zehnjährigen Erfahrungen der Leipziger, ohne Periodenumformung arbeitenden Anlage beweisen, nicht notwendig.

Die Hilfswicklungen der drei Magnetschalter entnehmen bei geeigneter Spannung ihren Strom über Leitung b_1 b_2 aus der Phase s 3 des Blocktransformators. Das verwendete Blockrelais zeigen in der während des Krieges hergestellten Ausführung die Bilder 15 und 16. Hier ist an Stelle des verhältnismäßig schwachen und in der Zahl der Kontakte beschränkten Scheibenrelais ein kräftigeres Motorrelais verwendet. Dieses besteht in der Hauptsache aus einem kleinen Zweiphasenmotor, dessen Anker über

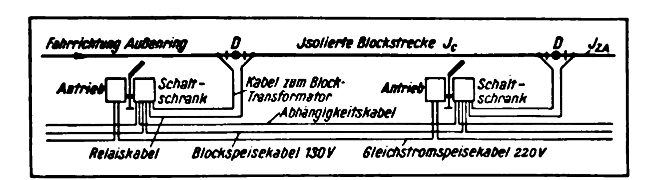


Bild 13. Kabelplan.

eine geeignete Übersetzung eine Kontaktschwinge bewegt.

Die Kontakteinrichtung ist mit besonderer Sorgfalt durchgebildet. Relais, deren Anker unmittelbar oder über eine starre Übersetzung die Kontakte bewegen, haben im allgemeinen den Nachteil, daß nach erfolgtem Anziehen oder Abfallen des Ankers die Kontakte eine pendelnde Bewegung ausführen. Dabei wird der Strom unter Funkenbildung unterbrochen, die die Kontaktflächen sehr ungünstig beansprucht. Die gleichen Erscheinungen zeigen sich bei Stößen und Erschütterungen des Bahnkörpers. Um diesen Übelstand zu vermeiden, wurde zwischen Anker und Übersetzung eine federnde Kupplung[1]) angeordnet. Durch sie wird nach erfolgtem Anziehen oder Abfallen die Bewegungsenergie des Ankers durch Reibung vernichtet, und das schädliche Pendeln der Kontakte hört auf. Wie der Anker der Achse nebst Kupplung konstruktiv durchgebildet ist, zeigt Bild 17. Der Anker ist mit seinen Naben auf der Stahlrohrachse a befestigt. Um die Lagerreibung zu vermindern, ist die Achse beiderseitig mit dünnen Stahlstiften versehen, die in Edelsteinlagern laufen.

Die linke Seite der Achse trägt das Zahnritzel, das auf einen Lagerstift s aufgepreßt wird. Der Stift s ist leicht laufend in

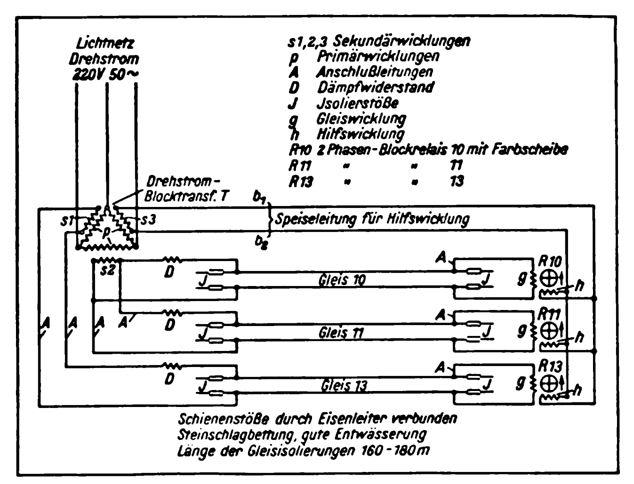


Bild 14. Die Strombelieferung der Gleisisolierungen auf dem Hauptbahnhof Leipzig 1915.

einer Messinghülse geführt, die fest in das Stahlrohr eingetrieben ist. Zwischen der

[1]) D.R.P. 295929 vom 2. April 1915.

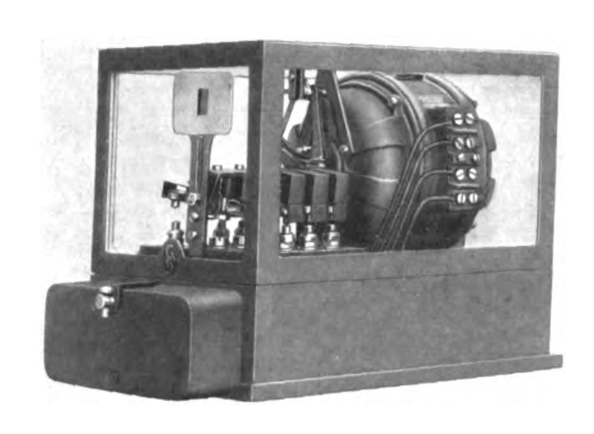


Bild 15. Blockrelais-Haltstellung. Vordere Kontakte geschlossen, hintere Kontakte offen; Farbscheibe rot oder schwarz, Strecke besetzt.

Hülse b und dem fest auf s sitzenden Ritzel ist eine Spiralfeder h angebracht, die durch ihre Spannung Ritzel und Ankerachse kuppelt.

Den so ausgeführten vollständigen Anker zeigt Bild 18.

Mit der Kontaktschwinge des Relais dreht sich (Bild 15 und 16) hinter einem festen Schild eine Scheibe mit einem roten und weißen Felde. Bei abgefallenem Anker, also abgefallener Kontaktschwinge, erscheint das schwarze oder rote, bei angezogenem Anker das weiße Feld. Das rote

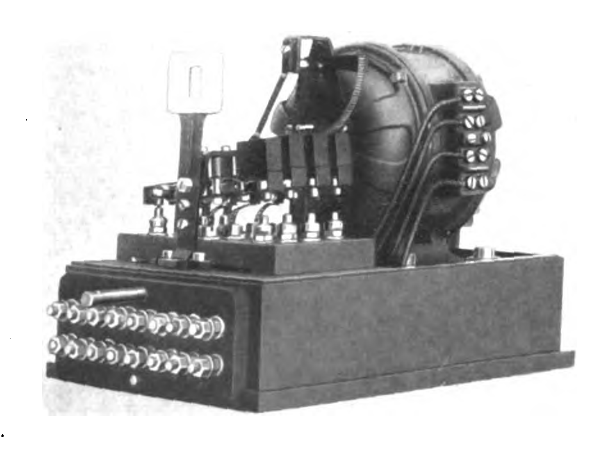


Bild 16. Blokrelais in angezogener Lage, vordere Kontakte offen, hintere Kontakte geschlossen; Farbscheibe weiß, Strecke frei.

Feld meldet dem Wärter, daß die Strecke besetzt, das weiße, daß sie frei ist. Bild 16 zeigt das Relais in angezogener Lage, bei weißem Felde; Schutzdeckel und Klemmenhaube sind abgenommen. Die drei Blockrelais sind in einfacher Weise über dem elektrischen Stellwerk etwas über Augenhöhe angebracht, die zu den vorn angeordneten Klemmen nach dem Stellwerkinneren führenden Leitungen zum Schutz in geschlossenen Kanälen geführt.

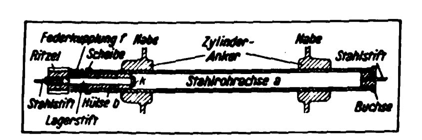


Bild 17. Schnitt der Ankerachse mit Federkupplung.

Drosselstöße wurden hier wegen des Dampfbahnbetriebes nicht verwendet. Erst bei der geplanten Umwandlung des Dampfbahnbetriebes in den elektrischen werden sie nötig. In ähnlicher Weise, wie beschrieben, ist die selbsttätige Gleisbesetzungsanlage auf dem Potsdamer Bahnhof[1]) ausgebildet, bei der das gleiche Blockrelais, Bild 15, benutzt wurde. Auch hier bedeutet die Anzeige der Gleisbesetzung wieder, daß jede erneute Fahrstellung des mechanisch gestellten, mit einer Flügelkupplung versehenen Einfahrsignals von der unmittelbaren Mitwirkung des Zuges abhängig gemacht ist. Der Anker öffnet bei Kurzschluß des Blockrelais durch die Zugachsen den Kuppelstromkreis. Die Kupplung wird daher stromlos und der Signalflügel fällt durch sein Eigengewicht auf Halt.

Die betrieblichen Vorteile selbsttätiger Gleisbesetzungsanlagen werden sich künftig besonders in der Sicherung der vielgleisigen und meist nicht recht übersichtlichen Kopfbahnhöfe voll auswirken. Aus dieser Erwägung hat das Elektrotechnische Amt Hauptbahnhof Leipzig einen beachtenswerten Schritt getan, indem es neuerdings die Ausdehnung der jetzigen selbsttätigen Gleisbesetzungsanlage auf alle übrigen Bahnsteiggleise anordnete. Die Ausführung, die in den Händen des Blockwärters liegt, wird in einem später erscheinenden Aufsatz beschrieben werden.

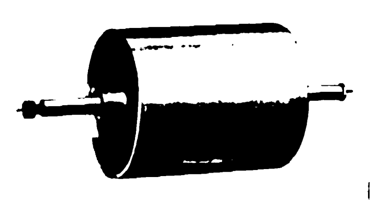


Bild 18. Anker des Blockrelais.

[1]) Vgl. Organ 1919, Heft 19/20.

Zeitdienst- und Sicherheitsanlagen der Siemens & Halske A.-G. auf der Leipziger Messe

Wie seit Jahren üblich, tritt auf der Leipziger Frühjahrsmesse auch diesmal wieder nur eine Abteilung des Wernerwerkes der S. & H. A.-G. mit ihrem Material in breiterem Rahmen an die Öffentlichkeit. Diesmal ist es die Abteilung für Zeitdienst- und Sicherheitsanlagen, die ihre Erzeugnisse in größerem Umfang ausstellt. Eine Reihe bemerkenswerter Neuerungen auf allen Gebieten wird neben den bisher bekannten Einrichtungen gezeigt.

Auf dem Gebiete der elektrischen Nebenuhren wird besonderes Interesse ein neuartiges System der Schiffsuhrenanlagen erregen. Bei Fahrten in ost-westlicher oder umgekehrter Richtung ist bisher ein umständliches, tägliches Einstellen aller Uhren notwendig, mit Rücksicht auf die Änderungen, die zur Anpassung an die jeweilige Zonenzeit erforderlich sind. Diese Richtigstellung wurde bei elektrischen Schiffsuhrenanlagen nur dadurch möglich, daß man die Nebenuhren mit Werken für Vorwärts- und Rückwärtsgang einrichtete und durch besondere Schalter von der Zentrale aus gemeinsam beeinflußte. Nachteilig waren die hohen Kosten der Nebenuhren und die Notwendigkeit, drei Leitungen zu verlegen. Bei dem neuen Siemenssystem ist nur nötig, durch unmittelbares Verstellen der Zeiger an der maßgebenden Hauptuhr die Korrektur der Nebenuhren einzuleiten; alles andere spielt sich selbsttätig ab, und zwar in der Form, daß bei einem Vorstellen der Hauptuhrzeiger sämtliche Nebenuhren sofort folgen, während umgekehrt bei einem Zurückstellen der Hauptuhrzeiger die angeschlossenen Nebenuhren so lange nicht fortgeschaltet werden, bis durch Ausgleich der Differenz Übereinstimmung wieder hergestellt wird. Anlagen nach diesem System sind nicht nur erheblich bequemer, sondern auch wesentlich billiger, weil jede normale Nebenuhrtype verwendbar ist.

Neben den seit langen Jahren bekannten Hauptuhren in Hängegehäuse, die in Aufbau und Ausführung nicht nur ausschließlich Siemensarbeit darstellen, sondern auch eine Reihe wesentlicher Vorzüge aufweisen, zeigt die Uhrenabteilung auch ihre neue mit Sekundenpendel ausgerüstete Hauptuhr in Standgehäuse, deren Werk und Gesamtaufbau in Anlehnung an die bewährten, bisher fabrizierten Hängehauptuhren nach neuen Gesichtspunkten durchkonstruiert wurde. Bemerkenswert ist eine neuartige Kontakteinrichtung an dieser Uhr, die ermöglicht, ohne Zwischenschaltung von Relais 120 Nebenuhreinheiten unmittelbar anzuschließen. Die Hauptuhren werden in einer Reihe von Sonderausführungen für die verschiedensten Zwecke gezeigt, so z. B. eingerichtet zur Abgabe von Pausensignalen, zur elektrischen Regulierung, zur Abgabe von Zeitzeichen und anderem mehr.

Für die Öffentlichkeit dürfte es von besonderem Wert sein, die Einrichtungen kennenzulernen, die der Übermittlung richtiger Zeit an alle Stationen der Deutschen Reichsbahnen dienen. Die S. & H. A.-G. stellt nicht nur eine Hauptuhr aus, die die Einrichtungen zur selbsttätigen Übertragung richtiger Zeit auf den Telegraphenlinien betätigt, sondern auch eine Hauptuhr für Bahnhofsanlagen, die sich selbsttätig nach diesem Zeitzeichen richtig einstellt, sofern eine Differenz vorhanden ist. Es sind die gleichen Uhren, wie sie seit Jahren im Bahnbetrieb der Deutschen Reichsbahnen im Gebrauch sind.

Neben den Hauptuhrtypen wird auf der diesjährigen Messe in ziemlich vollständigem Umfange gezeigt, was heute als Anschlußobjekt außer den üblichen Nebenuhren in Betracht kommt. Aus der Fülle des Materials verdient besondere Beachtung ein neuer Zeitstempeltyp, der als Universalgerät nicht nur für die Zwecke der Post und Bahn, sondern auch in vollem Umfange für die Anforderungen von Funkleitstellen, industriellen Betrieben und ähnlichen Stellen eingerichtet ist. Die Fortschaltung dieser Zeitstempel erfolgt sowohl in Abständen von wenigen Sekunden (zur Feststellung von Gesprächszeiten), als auch in üblichen Minutenabständen. Interessant ist besonders ein neues, für Postzwecke besonders eingerichtetes Schaltwerk, das die gleichzeitige oder reihenweise Fortschaltung von Zeitstempeln, Zählwerken und Kontrolleinrichtungen in den unterschiedlichsten Intervallen ermöglicht.

Als Ersatz für die Zeitstempel mit eingebautem Uhrwerk ist ein neuer Handzeitstempel anzusehen, dessen Form sich ganz an die bisher in Büros übliche anpaßt, dessen gesamte Inneneinrichtung als elektrischer Schaltapparat aber den Anforderungen im Bürobetrieb unvergleichlich besser gewachsen ist.

Für Funkleitstellen und Schiffahrtsgesellschaften ist es oft wichtig, nicht nur die Zeit des eigenen Landes, sondern auch die Zeit fremder Länder bequem und genau festzustellen; dies ermöglicht eine auf der Messe gezeigte Weltzeituhr, wie sie in den letzten Jahren eingeführt wurde.

Eng verwandt mit dem Zeitmeßgebiet ist das Gebiet der Kontrolleinrichtungen. Auf der Messe sind zu sehen: Wächter-Kontrollapparate, die jede gewünschte Kontrolle eines Wächters ermöglichen. In einer Sonderausführung melden diese Einrichtungen selbsttätig jeden verspäteten Antritt des Wächterdienstes bzw. seine Unterlassung und alarmieren sofort, wenn eine vorher eingestellte Gehzeit zwischen zwei Meldestellen überschritten wird. Bei unvermuteter Erkrankung des Wächters, bei Raubüberfällen oder beim Einschlafen des Wächters tritt diese Einrichtung in Tätigkeit und leistet Dienste, die über die eines reinen Kontrollapparates wesentlich hinausgehen. — Für viele Betriebe kommt die gleichzeitige Benutzung dieser Wächterkontrollanlage als Feuermeldeeinrichtung in Betracht. Es bedarf dazu nur der Verwendung eines anderen Meldertypes und einer geringfügigen Ergänzung des Empfangsapparates.

Größere technische Schwierigkeiten waren zu überwinden bei dem Aufbau eines neuen Arbeitszeitkontrollapparates, der in einer bisher nicht gekannten Vollkommenheit gelegentlich der diesjährigen Messe neben den bisher gebauten Modellen gezeigt wird. Der äußerlich sehr einfache und in seinem Aufbau widerstandsfähige Apparat weist neben anderen Neuerungen eine Einrichtung auf, die jedes Umschalten von Ein- auf Ausgang entbehrlich macht. Die Registrierapparate werden durch die Karte selbst beeinflußt; zwei Lochreihen dienen der selbsttätigen Steuerung der Umschalteinrichtung. Die Karten weisen nach der Benutzung den Zeitaufdruck in Zahlen auf, wobei zehntel Stunden als kleinster Zeitwert in Erscheinung treten. Den Gesamtarbeitsstunden stehen die etwaigen Versäumnisse geordnet gegenüber, so daß es lediglich der Summenbildung bedarf, um das Gesamtwochenergebnis zu erhalten. Etwaige Pausen sind selbsttätig schon bei der Registierung berücksichtigt. Dieser Apparat wird besonders von kleineren und mittleren Betrieben begrüßt werden, da er sich an wechselnde Betriebsverhältnisse jederzeit mühelos anpassen läßt.

Für große Betriebe kommt der schon seit Jahren bewährte und unter anderem in zahlreichen Eisenbahnwerkstätten eingeführte Kartenlochapparat in Betracht. Einen wesentlichen Fortschritt bedeutet die Konstruktion einer selbsttätigen Rechenmaschine, die auf der Frühjahrsmesse zum ersten Male gezeigt wird. Mit Hilfe dieser Maschine ist es einer Hilfskraft möglich, die Kontrollkarten schnell und sicher auch dann aufzurechnen, wenn durch ständig wechselnde Ein- und Ausgangszeiten das Kartenbild außergewöhnlich kompliziert geworden ist. Die Maschine bedarf keinerlei Einstellung; es ist nur nötig, die Karten in den Führungsschlitz einzustecken, alles andere besorgt die Maschine, durch einen kleinen Elektromotor angetrieben, selbst.

Als Anschlußobjekt an eine Zentraluhrenanlage sei schließlich noch erwähnt eine Nebenuhr mit Signaleinrichtung, die es ermöglicht, in einer Reihe von Betriebsgruppen verschiedene Signale selbsttätig zu geben, selbst dann, wenn diese an verschiedenen Wochentagen wechseln. Der Apparat wird für verschiedene Schleifenzahlen bis zu maximal 9 hergestellt.

Das umfangreichste Anschlußobjekt stellen die neuartigen, obwohl schon in einer Reihe von Anlagen ausgeführten Siemens-Turmuhren dar. Betrachtet man das Verhältnis zwischen dem eigentlichen Antriebswerk und den die Zeit zeigenden Zifferblättern nebst Zeigern, so kann allerdings von großen Abmessungen nicht mehr gesprochen werden, erfordern doch die Antriebswerke im Verhältnis zu den bisher üblichen mechanischen Turmuhren unvergleichlich weniger Platz und bieten eine Bewegungsfreiheit, wie sie bei solchen Anlagen, sofern sie mechanischer Art waren, bisher nicht bekannt war. Der Raummangel hat es leider unmöglich gemacht, besonders große Zifferblätter und dazu gehörige Antriebswerke zu zeigen, doch erlaubt das ausgestellte Material eine zutreffende Vor-

stellung. Werke gleichen Aufbaues werden für Zifferblätter bis zum Durchmesser von 12 m angefertigt, sie ermöglichen die Verwendung von Zeigern mit Innenbeleuchtung, deren Gewicht jedoch bei elektrischem Antrieb in der von der S. & H. A.-G. gewählten Form nicht die geringsten Schwierigkeiten verursacht.

Auf dem Gebiete des Feuerschutzes werden „Automaten" gezeigt, das sind kleine, verhältnismäßig billige Apparate, die entweder selbsttätig die Erreichung einer bestimmten, vorher eingestellten Höchsttemperatur anzeigen, oder eine Temperatursteigerung, die ein bestimmtes, auf die Zeiteinheit bezogenes Maß überschreitet. Während die ersten als Maximalmelder bezeichnet werden, nennen sich die letzteren „Differentialmelder". Besondere Ausbildung hat das Schaltsystem und die Zentraleinrichtung solcher „Selbsttätigen Feuermelder" gefunden, so daß Drahtbrüche und ähnliche Störungen nicht zu einer Feuermeldung, wohl aber zur Signalisierung des aufgetretenen Fehlers führen. Dies ist besonders wichtig, weil, wie dies zur Nachtzeit in vielen Fällen geschieht, im Anschluß an die lokale Feuermeldung die Auslösung eines städtischen Feuermelders selbsttätig erfolgen soll. Zur Gruppe dieser Melder gehören auch die „Gefahrmelder", die in Transformatoren, großen Lagern, in Stapeln zur Selbstentzündung neigender Materialien und an ähnlichen Stellen eingebaut werden und bereits in sehr vielen Fällen kostbares Material vor der Vernichtung bewahrt haben.

Für die Öffentlichkeit interessante Ausstellungsobjekte sind die Feuermeldeanlagen der Siemens & Halske A. G. Auf der Messe ist zunächst vertreten das für industrielle Betriebe und kleinere Städte geeignete Zeigerapparatesystem. Dieses System erfordert die geringste Ausbildung des mit der Wartung betrauten Personals und ist verhältnismäßig billig; trotzdem stehen das Gesamtleitungsnetz und alle Bedienungseinrichtungen unter weitgehender Selbstkontrolle. Neben einer Einrichtung zur allgemeinen Alarmierung, die ganz selbsttätig im Anschluß an das vorgenannte System arbeitet, zeigen die Siemenswerke eine Neuerung, die selbsttätig die Nummer des gezogenen Melders den in den Wohnungen durch Wecker zu alarmierenden Wehrleuten bekannt gibt. Die Übertragung der Meldungen und des Alarms ist bei diesem System, wie bei allen Siemens-Anlagen, auch dann gesichert, wenn durch Drahtbruch oder Erdschluß in der Schleife eine Störung des Normalzustandes hervorgerufen wurde.

Für größere Orte kommt das weitergehenden Ansprüchen genügende „Siemens-System" »I«, »II« oder »III« in Betracht. Die Unterschiede bestehen im wesentlichen darin, daß bei den vollkommensten Ausführungen der Eingang des Alarms sichtbar durch Lichtschrift und hörbar durch Glockensignale kenntlich gemacht wird, während bei den einfachen Ausführungen nur Allgemeinalarm und Registrierung der Meldernummer erfolgt. In der vollkommensten Ausführungsform ist der Eingang jeder Meldung auch dann gesichert, wenn sämtliche Melder einer ganzen Stadt zu absolut gleicher Zeit ausgelöst werden sollten.

Nach dem letztgenannten, vollkommensten System werden z. Zt. die Feuermeldeanlagen der Städte Berlin und Dresden modernisiert, deren bestehende Anlagen nach älterem Siemens-System Jahrzehnte hindurch einwandfrei gearbeitet haben. Die noch heute in Gebrauch befindliche alte Feuermeldeanlage in Berlin aus den Jahren 1851 bis 1853 ist die älteste Feuermeldeanlage der Welt. Sie ist in Konstruktion und Ausführung ein Beweis für die vorzügliche Qualität, die in jeder Hinsicht schon seit Gründung der Firma die Siemens-Erzeugnisse gegenüber vielen anderen auszeichnet.

Einen breiten Raum nehmen auch diejenigen Sicherheitsanlagen ein, die als „Polizeiruf-Anlagen" in den letzten Jahren in steigendem Maße das Augenmerk der Behörden und der Öffentlichkeit in Anspruch nehmen. Obwohl solche Anlagen von der Siemens & Halske A.-G. in großen Städten Amerikas schon vor vielen Jahren zur größten Zufriedenheit als umfangreiche Staatsanlagen geliefert wurden, stellen sie für Deutschland, wie überhaupt für Europa, doch etwas Neues dar. Besondere Ausbildung haben diese Anlagen durch die Schaffung zweckentsprechender „Privatmelder" erfahren, die selbst unter den ungünstigsten Umständen die sichere und eindeutige Benachrichtigung der Polizei mit solcher Schnelligkeit ermöglichen, daß damit andere Nachrichtenmittel, wie Telephon und ähnliche, gar nicht zu vergleichen sind. Für Geschäftshäuser, Villen, Banken usw. sind wichtige Zusatzeinrichtungen einer solchen

Anlage die auf der Messe gezeigten Einbruchssicherungen. Die einzelnen Objekte sind nach ganz neuen Gesichtspunkten durchgebildet, die eine erhebliche Steigerung der Sicherheit unter gleichzeitiger Verminderung von Fehlalarmen, wie sie durch ungeschickte Hantierung entstehen könnten, bedingt. Eines der interessantesten Objekte ist das sogenannte Tresorpendel. Dieses wird an Türen zu Geldschränken, Kassengewölben usw. angebracht. Die Konstruktion ist so, daß die kleinste relative Verschiebung zwischen der Tür und der Zarge, ja selbst die geringfügigste Durchbiegung der Türplatte selbst beim Ansetzen eines Schneidbrenners genügt, die Alarmkontakte in Tätigkeit treten zu lassen. Durch den unmittelbaren Anschluß an Privatpolizeimelder kann der Schutz noch erheblich wirksamer gemacht werden. Neuartig sind auch die Sicherungen, wie sie für Fenster, Kelleröffnungen und ähnliche Stellen von der Siemens & Halske A.-G. durchgebildet sind. Die ausgestellten Objekte geben sowohl dem Fachmann als auch dem Laien ein erschöpfendes Bild von der vielseitigen Anwendungsmöglichkeit dieses neuesten Nachrichtenmittels, dessen Einführung auch in Deutschland zur Notwendigkeit geworden ist.

Ebenfalls in das Gebiet der Sicherungseinrichtungen gehört die ausgestellte und seit Jahren bewährte Türverriegelungsanlage, die es ermöglicht, sämtliche Ausgänge, die ins Freie führen, durch Druck auf einen Knopf selbsttätig zu verriegeln, im Bedarfsfalle vorher zu schließen. Die Auslösung ist nicht auf einen einzigen Punkt beschränkt, es können vielmehr beliebig viele Auslösedruckknöpfe angeordnet werden, dagegen ist nur ein einziger Entriegelungsknopf vorhanden, der unter besonderem Verschluß liegt und nur von bestimmten Persönlichkeiten betätigt werden kann.

Etwas ganz Neues stellt schließlich ein Metallsuchgerät dar in Form eines Abtastapparats. Ursprünglich versuchte man, in Durchgangstore ähnliche Einrichtungen einzubauen, die dann ansprechen sollten, wenn eine Person das Tor passiert, die unrechtmäßigerweise Metalle bei sich führt. Die Erfahrung hat gezeigt, daß diese „Torkontrolle" wenig wirtschaftlich ist, da es unmöglich ist, kleinere Metallmengen sicher zu bestimmen und außerdem durch rechtmäßig mitgeführte Metalle (Zigarettenetuis, Plattfußeinlagen, Prothesen u. a.) Schwierigkeiten bei der Kontrolle entstehen. Während mehrerer Jahre hat die Siemens & Halske A.-G. mit verschiedenen Ausführungsformen praktische Versuche gemacht und nunmehr ein Gerät entwickelt, das den berechtigten Ansprüchen in jeder Beziehung genügen wird. Es ist dies der „Abtastapparat", der es ermöglicht, nach irgendeinem Verfahren auszuwählende Personen so zu untersuchen, daß dem die Kontrolle ausübenden Beamten und dem zu Prüfenden jede peinliche Situation erspart bleibt. Der Erfolg ist dagegen wesentlich sicherer als bei anders geformten Apparaten. Die Suchspule, in handliche Form gebracht, wird über die Kleidung des zu Untersuchenden hin- und hergeführt, besonders da, wo man Metalle vermutet. Gelangt sie dabei in die Nähe eines Metalles, so ertönt das Telephon, das der Werksicherheitsbeamte trägt. Es ist damit sicher möglich, selbst verhältnismäßig geringe Metallmengen zu finden. Es kommt noch hinzu, daß das neue Gerät leicht tragbar ist, also abwechselnd an verschiedenen Stellen verwendet werden kann und sich im Preise wesentlich niedriger stellt als die fest an den Kontrolltoren eingebauten Sucheinrichtungen.

Im ganzen betrachtet, gibt die Siemens-Ausstellung auf der diesjährigen Frühjahrsmesse ein fast vollständiges Bild über den Umfang und die Bedeutung, welche die Schwachstromtechnik auf dem Gebiete der Zentralisierung des Zeitdienstes und der Sicherheitseinrichtungen gegenwärtig hat.

KLEINE MITTEILUNGEN

Neue Kleinanlasser.

Auf der diesjährigen Leipziger Frühjahrsmesse stellen die Siemens-Schuckertwerke neuartige Anlasser in gleicher Form für Gleichstrom sowohl wie für Drehstrom aus, die in allen Teilen den neuen Regeln für die Bewertung und Prüfung von Anlaß- und Steuergeräten, REA 1924, entsprechen. Bei ihrer Durchbildung ist auf einfachen und bequemen Zusammenbau Rücksicht genommen. Das Gehäuse besteht aus Eisenblech; Deckel und Klemmenschutzkappe sind leicht zu entfernen. Die Anlasser werden sowohl mit Luftkühlung als auch mit Ölkühlung ausgeführt. Die Kontaktplatte besteht aus feuerfestem Bau-



Bild 1. Drehstromanlasser mit Sicherungen.

stoff, die Schleifkontakte werden von einer feuerfesten Isolierbuchse getragen, die Verbindungen zwischen den Widerständen und Kontakten enthalten keine Lötstellen.

Die Drehstromanlasser können mit eingebautem Ständerschalter (bei den größeren Anlassern in Walzenform) ausgeführt werden, wodurch die Montage einfacher und billiger wird, ganz besonders, wenn sie noch mit Sicherungen ausgerüstet werden. Ein solcher Apparat stellt gleichsam eine vollständige Schaltanlage dar, die lediglich die Verbindung mit den Motor- und Netzklemmen erfordert (Bild 1). Da vor dem Abnehmen des Deckels erst die Stöpselköpfe der Sicherungen herausgeschraubt werden müssen, ist der Anlasser bei abgenommenem Deckel spannungsfrei und kann daher ohne Gefahr für das Bedienungspersonal gereinigt werden.

Für feuergefährliche Betriebe, wie sie beispielsweise in der Landwirtschaft, in Spinnereien und dergl. vorkommen, sind ferner staubdicht geschlossene Anlasser mit Luftkühlung geschaffen, bei denen auch die Anschlußklemmen vollkommen abgeschlossen sind.

Schaltkasten mit Kurzschlußdrossel.

Um den Kurzschlußstrom im Falle einer Zerstörung von Motoren oder anderen Stromverbrauchern auf ein Maß zu beschränken, das von einem kleinen Schalter noch bewältigt werden kann, verwendet man Drosselspulen. Der in Bild 2 u. 3 dargestellte Schaltkasten erscheint zum ersten Male auf der Leipziger Messe und enthält zwei Drosselspulen in zwei Phasen eines Drehstromnetzes, er benötigt daher nur einen verhältnismäßig kleinen Selbstschalter. Durch zweckmäßige Anordnung der Drosselspule war es möglich, mit nur einem Überstromauslöser auszukommen, der von einer beiden Drosselspulen gemeinsamen Transformatorwicklung gespeist wird und über eine Freilaufkupplung auf einen kleinen Walzenschalter arbeitet. Um den Schaltkasten auch zum Anlassen von Motoren mit großem Anlaufstrom benutzen zu können, ist eine sogenannte Auslöseerschwerung eingebaut. Diese besteht aus einer Zusatzfeder zum Überstromauslöser, die während des Anlassens durch Niederdrücken des Handhebels gespannt wird. Dadurch wird der Auslösestrom auf den 5 bis 6 fachen Wert des Nennstromes heraufgesetzt. Nach erfolgtem Anlaufen wird der Handhebel losgelassen, wodurch die Zusatzfeder entspannt wird und die normale Auslösefeder allein in Kraft tritt, die eine Einstellung des Auslösestromes in den üblichen Grenzen (1,4 bis 2 facher Nennstrom) zuläßt.



Bild 2. Schaltkasten mit Kurzschlußdrossel.

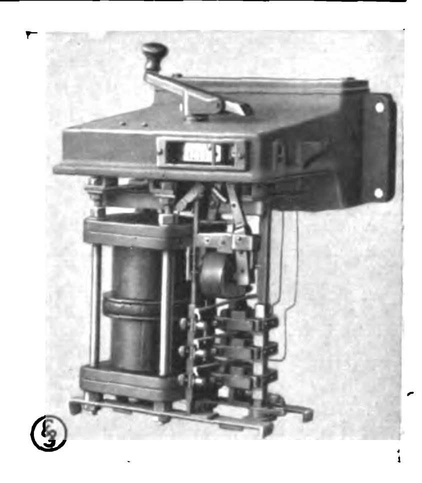


Bild 3. Schaltkasten mit Schutzdrossel, offen.

Neuer Sterndreieckschalter mit Sprungschaltung.

Bei dem einfachen Sterndreieckschalter ist zwar die Aufeinanderfolge der Schaltungen zwangläufig, es kann aber vorkommen, daß der Schalter beim Anlassen des Motors nur bis in die erste Stellung geschaltet wird. Da in dieser der Motor in Stern geschaltet ist, so erhält er nur die 0,85 fache Netzspannung, nimmt also zu starken Strom auf. Wird ferner von Stern auf Dreieck zu langsam umgeschaltet, so fällt der Motor in seiner Drehzahl ab und nimmt infolgedessen in der Dreieckschaltung einen zu hohen Strom auf. Andererseits ist es möglich, daß die Sternstellung zu rasch überschaltet wird, bevor der Motor nahezu seine asynchrone Drehzahl erreicht hat. Bei dem neuen Sterndreieckschalter mit Sprungschaltung werden diese Übelstände vermieden (Bild 4). Eine Rückstellfeder

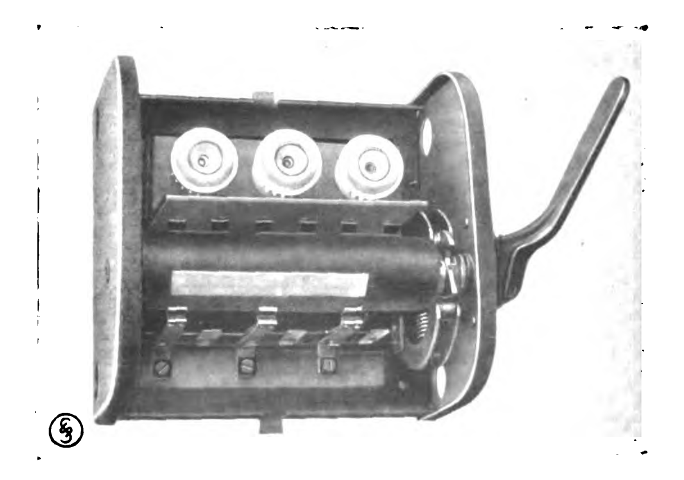


Bild 4. Sterndreieckschalter mit Sprungschaltung.

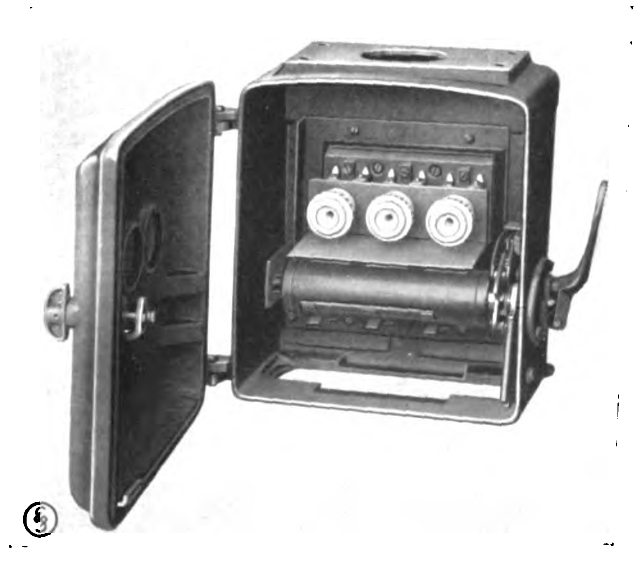


Bild 5. Sterndreieckschalter mit Sprungschaltung, gekapselt.

verhindert, daß der Schalter in der Sternstellung stehen bleibt, da sie die Schaltwalze beim Loslassen des Bedienungshebels in die Ausschaltestellung zurückdreht. Ein unmittelbares Überschalten von Stern auf Dreieck wird ferner dadurch vermieden, daß der Bedienende durch einen Anschlag darauf aufmerksam gemacht wird, in der Sternstellung so lange zu verweilen, bis der Motor hoch gelaufen ist. Das Weiterschalten auf Dreieck wird erst nach einer Querbewegung des Bedienungshebels möglich, wobei der Schalter schnell in die Dreieckstellung schnappt, so daß der Motor inzwischen in der Drehzahl nicht abfallen kann und nur ein mäßiger Stromstoß auftritt.

Das Gehäuse des neuen Schalters ist aus starkem Eisenblech hergestellt und kann auch staubdicht verschlossen ausgeführt werden (Bild 5). Der Schalter wird mit und ohne Sicherungen ausgeführt, letztere brauchen nur für den 1,3 fachen Nennstrom vorgesehen werden.

Dreipoliger Röhren-Ölschalter mit Überstromauslösern für Spannungen von 15 und 24 kV und Stromstärken bis 25 A.

Bei kleineren und mittleren Transformatorenstationen von Überlandnetzen, sogenannten Ausläuferstationen, kann man mit einer verhältnismäßig geringen Abschaltleistung rechnen. Für solche Fälle ist daher ein besonders reges Bedürfnis nach einem einfachen und billigen Schutzapparat gegen Überstrom vorhanden. Ferner muß sich der Apparat den örtlichen Verhältnissen anpassen; er soll in der Regel im oberen Teile eines Schachtes im Transformatorenhause von verhältnismäßig kleiner Grundfläche untergebracht werden, und zwar so, daß er in dem Leitungszuge, der in der Richtung von oben nach unten verläuft, liegt. Diesen Anforderungen entspricht der neue, mit angebauten Überstromauslösern ausgerüstete Röhren-Ölschalter (Bild 6).

Der Apparat ist unter Verwendung von drei normalen Porzellandurchführungen mit in der Mitte der Durchführungen gelagerten Stromkontakten ausgebildet. Durch diese Anordnung wird der Porzellankörper gegen auf-

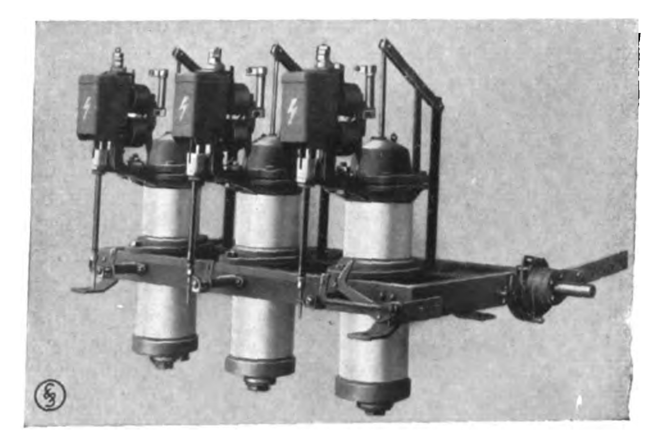


Bild 6. Röhren-Ölschalter.

tretende Lichtbogen besser geschützt als bei Verwendung einer doppelten Kontaktunterbrechung, die am Rande des Porzellankörpers eine stärkere Erwärmung verursachen kann. Die Kontakte sind nach Entfernung der Haube am Kopfe einer jeden Durchführung zugänglich. Eine Öldrossel im Innern sorgt dafür, daß beim Abschalten kein Öl nach außen geworfen wird. Schwimmer zeigen in jeder Durchführung den Ölstand an.

Der Schalter hat für gewöhnlich zwei, auf Wunsch auch drei Überstromauslöser, die die Freiauslösung schlagartig betätigen bei nur geringem Kraftbedarf. Erfahrungsgemäß beträgt bei kleinen und mittleren Stationen die Abschaltleistung höchstens 200 kVA, sie ist so gering, weil der Kurzschlußstrom durch die Netzdämpfung erheblich herabgemindert wird. Die Leistung des Röhren-Ölschalters ist aber viel höher, sie beträgt ein Vielfaches von 200 kVA.

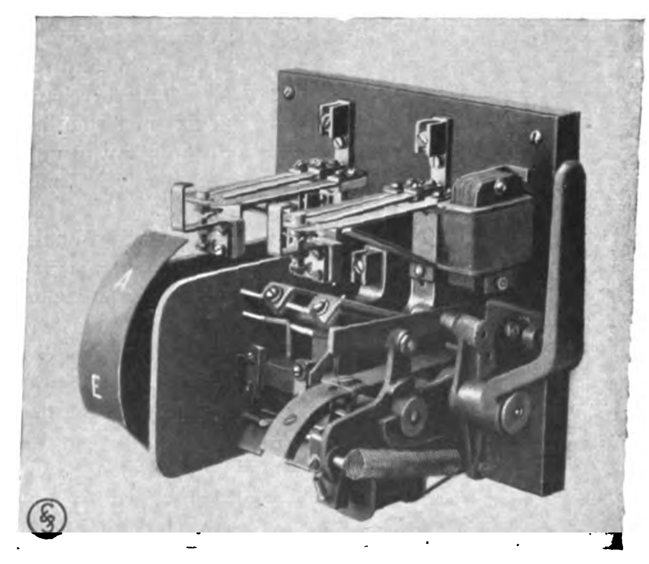


Bild 7. Motorschutzschalter mit Wärmeauslöser, offen.

Neuer Motorschutzschalter mit Wärmeauslöser für Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer.

Um beim Betrieb von Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer gegen vorkommende Störungen gesichert zu sein, muß der Schutzschalter folgenden Bedingungen genügen:

Die Zuleitungen zum Motor müssen unterbrochen werden,

1. wenn der normale Betriebsstrom längere Zeit überschritten wird, nicht aber wenn dies während der kurzen Zeit des Anlaufens geschieht,
2. wenn die Spannung ganz ausbleibt oder bis auf die Hälfte sinkt, auch wenn sie nur in einer Phase ausbleibt.

Außerdem muß er mit einer Freilaufkupplung ausgerüstet sein, die verhindert, den Schalter geschlossen zu halten, solange eine Störung noch besteht.

Diese Bedingungen erfüllt der von den SSW gebaute „Elmo-Sicherheitsschalter“ [1]). Er findet Verwendung sowohl in selbsttätigen Schaltanlagen, z. B. bei Hauswasserpumpen, als auch in nicht selbsttätigen Anlagen, z. B. Werkzeugmaschinen oder anderen Einzelantrieben. Bei ersteren ist es erwünscht, daß nach zeitweiligem Aussetzen der Stromlieferung die selbsttätige Schaltanlage ohne äußeres Eingreifen wieder in Betrieb kommt. Die Schutzschalter werden in diesem Falle mit Arbeitsstromauslösung versehen und schalten daher bei Stromunterbrechung nicht aus. Bei den letzteren soll der Motor nach zeitweiligem Aussetzen der Stromlieferung nicht von selbst wieder anlaufen, da das Bedienungspersonal durch unvermuteten Anlauf überrascht und gefährdet werden kann. In diesen Fällen erhält der Schutzschalter Ruhestromauslösung.

Der auf der Leipziger Messe ausgestellte Schalter weist verschiedene konstruktive Neuerungen auf (Bild 7). Der Schalter selbst ist in Form einer dreipoligen Schaltwalze ausgeführt mit zwei Unterbrechungsstellen je Phase, um auch bei Nichtanlauf des Motors die dabei auftretenden großen Ströme einwandfrei zu unterbrechen. Ganz neuartig ist der die Auslösung einleitende Wärmekontaktgeber. Dieser ist aus Metallblechen ausgestanzt, hat eine Ш-förmige Gestalt und ist in 2 Stromphasen eingebaut. Der Strom wird durch die beiden äußeren parallel geschalteten Schenkel zugeführt und durch den mittleren abgeführt. Letzterer dehnt sich infolge seines geringeren Querschnittes erheblich mehr aus als die anderen. Durch zweckmäßige Anordnung des Schaltkontaktes macht dieser eine kräftige Abwärtsbewegung, die etwa das 30fache der Längsausdehnung des Mittelschenkels beträgt. Infolge Umbördelung der Blechstreifen sind die Wärmekontaktgeber so steif, daß sie durch Erschütterungen nicht beeinflußt werden. Auch sind sie unabhängig von der Raumtemperatur, da sie senkrecht zur Grundplatte stehen. Die Auslöser bringen die Freiauslösung schlagartig zur Wirkung, wodurch das Zurückschnellen der Walzen erfolgt.

Bild 8. Motorschutzschalter mit Kabelmuffe und Strommesser.

[1]) Siemens-Zeitschrift 1921, Heft 9, Seite 340.

Die Motorschutzschalter werden in zwei Ausführungen hergestellt, nämlich mit Blechkappe und in Gußgehäuse (Bild 8). Jedes dieser Modelle wird für einen Höchststrom von 25,60 bzw. 100 A gebaut. Die Ausführung in Gußgehäuse ist für Anbau an Sammelschienen geeignet und kann mit Strommesser ausgerüstet werden.

Neuer Spannungsrückgangsschalter.

Bei dem neuen Spannungsrückgangsschalter (Bild 9) wird die Sicherung des Motors und Netzes gegen Stromstöße nicht mit Hilfe der allgemein üblichen Freilaufkupplung erreicht, sondern durch eine einfachere und billigere Einrichtung. Diese besteht aus einer mit dem Handhebel des Spannungsrückgangsschalters gekuppelten Sperrscheibe und einer mit ihr zusammenarbeitenden Sperrklinke. Letztere läßt die Einschaltbewegung des Schalters zu, solange die Spannungsspule unter hinreichend hoher Spannung steht, verhindert sie aber, wenn der Magnetanker infolge zu weitgehenden Spannungsrückganges abgefallen oder infolge unrichtiger Stellung des Anlassers nicht angezogen ist. Hat die wiederkehrende Spannung ein Mindestmaß erreicht und ist der Anlasser des Motors in die Ausschaltstellung gebracht worden, so kann der Schalter wieder eingelegt werden.

Von besonderem Vorteil ist der neue Spannungsrückgangsschalter, wenn es sich um den Schutz kleiner Motoren handelt, die ohne Anlasser eingeschaltet werden. Ist in solchen Fällen keine Sperrung am Schalter vorhanden, so

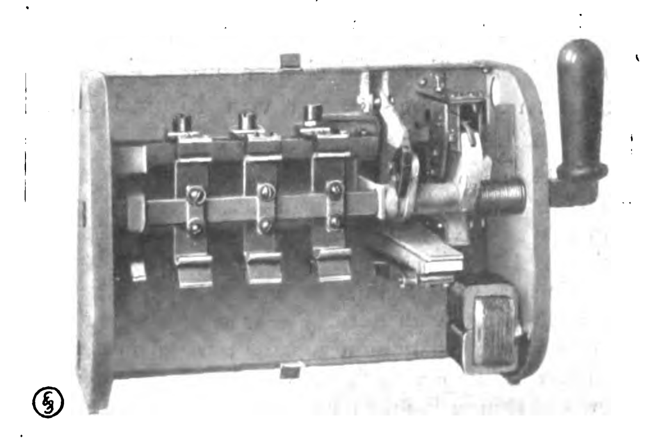


Bild 9. Spannungsrückgangsschalter.

könnte ungeschultes Bedienungspersonal den infolge Spannungsrückganges ausgelösten Schalter wieder einzulegen und festzuhalten versuchen. Dabei kann aber die Wicklung des Motors infolge zu hoher Stromentnahme verbrennen. Das wird bei dem neuen Spannungsrück-

gangsschalter vermieden, weil die Sperrung das Einschalten verhindert, solange die Spannung nicht eine bestimmte Höhe erreicht hat, auch verhindert das Festhalten des Griffes nicht das selbsttätige Ausschalten.

Meßgeräte und Fernsprecheinrichtungen der Siemens & Halske A.-G. auf der Leipziger Messe.

Auf der Leipziger Messe sind außer den Erzeugnissen der Abteilung für Zeitdienst und Sicherheitsanlagen eine Reihe von Erzeugnissen der Siemens & Halske A.-G. ausgestellt, die wirtschaftlich und technisch bemerkenswerte Neuerungen auf dem Gebiet der Schwachstromtechnik darstellen. Zu ihnen gehören die tragbaren Meßgeräte für das Kesselhaus, die besonders wichtig z. B. bei Dampfkesselrevisionen, Kontrollmessungen und zur Vornahme von Stichproben sind. So ist der Siemens-Rauchgasprüfer als tragbares Meßgerät ausgebildet worden. Geber und Empfänger sind zusammengebaut, das Rauchgas wird durch einen Gummiball angesaugt. Auch Temperaturmesser — mit Widerstands- und mit Thermoelementen — in tragbarer Anordnung werden gezeigt. Ein Thermoelement mit Tauchelektroden für Metallbäder — z. B. von Zink-, Zinn-, Blei- und Aluminiumschmelzen — zeichnet sich dadurch aus, daß es, weil von jeder Bewehrung der Elektroden abgesehen werden konnte, augenblicklich zuverlässige Temperaturangaben liefert.

Für die weitere Entwicklung des Selbstanschluß-Fernsprechbetriebes ist eine Anordnung von Bedeutung, die den gegenseitigen vollautomatischen Sprechverkehr zwischen verschiedenen Selbstanschlußämtern ermöglicht. Siemens & Halske erreichen dies dadurch, daß eine Dekade der ersten Gruppenwähler mit einer Zusatzschaltung für die Verbindungsleitungen versehen ist. Der Teilnehmer eines Amtes erhält den Anschluß an ein fernes Amt durch Wahl einer Kennziffer. Der ganze Sprechverkehr, sowohl innerhalb der einzelnen Ämter wie auch zwischen den verschiedenen angeschlossenen Ämtern vollzieht sich also vollautomatisch.

Erwähnenswert ist ferner eine Anordnung für automatische Nebenstellenzentralen, durch die es vielbeschäftigten Personen, z. B. Direktoren, Abteilungsvorständen usw., möglich ist, je nach Stellung eines Schalters entweder am Tischapparat selbst zu wählen oder die Verbindung durch die Beamtin am Nebenstellenschrank ausführen zu lassen.

Neue Ausführungen von SSW-Elektrokarren.

In Heft 11/12 auf Seite 468 brachten wir eine eingehende Beschreibung der Grundform des SSW-Elektrokarrens. Wir wiesen darauf hin, daß die klare, übersichtliche Konstruktion und die solide Bauart des Karrens ihn besonders geeignet machen für die häufig sehr hohen Anforderungen, die der Werkstattbetrieb stellt. Eine besonders wertvolle Eigenschaft ist die unerreichte Wendigkeit des Karrens, von der wir ein Beispiel im Bilde zeigten. Der Karren hat sich denn auch überraschend schnell Eingang verschafft, so daß es geboten erschien, noch weitere Sonderausführungen zu schaffen, diese sind auf der Leipziger Messe ausgestellt. Den Krankarren hatten wir bereits erwähnt, er hat nunmehr die in Bild 1 gezeigte Form an-

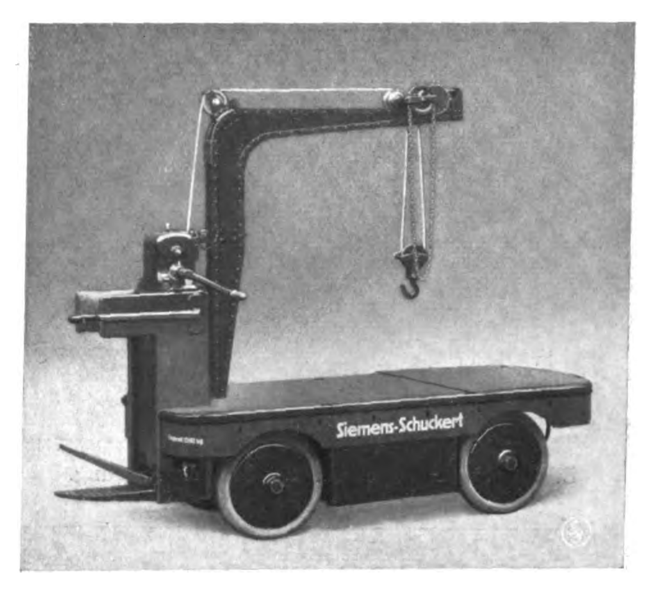


Bild 1. Elektrokrankarren.

genommen. Der Schwenkkran mit Laufkatze für 500 kg Tragkraft läßt sich leicht an der normalen Ausführung anbringen und ist abhebbar. Der Ausleger des Kranes ist um etwa 150° schwenkbar und mit Handwinde versehen. Er läßt sich von Hand in drei verschiedene Höhenlagen einstellen.

Eine weitere Sonderausführung ist der Karren mit Hinterkipper nach Bild 2 und 3. Er ist hauptsächlich für die Straßenreinigung bestimmt, wo oft wenig Raum zur Verfügung steht. Es ist daher von Vorteil, daß er weniger Platz beansprucht als ein Seitenkipper. Der Hinterkipper ist aus Eisenblech angefertigt und faßt etwa 1,5 m³. Er ist in der Längsrichtung mit zwei aufklappbaren Deckeln auf jeder Seite versehen und kann bis auf etwa 40° zum Erdboden durch eine Handwinde gekippt werden. Im übrigen ist die Ausführung des Karrens dieselbe wie bei der Grundform.

Zum ersten Male erscheint auch eine kleinere Type



Bild 2. Hinterkipper.

Elektrokarren für 750 kg Nutzlast. Er unterscheidet sich von der Grundform dadurch, daß er nicht mit Vier-Rad-, sondern mit Zwei-Radlenkung ausgerüstet ist und nur durch einen Motor von 1,1 kW Leistung angetrieben wird.

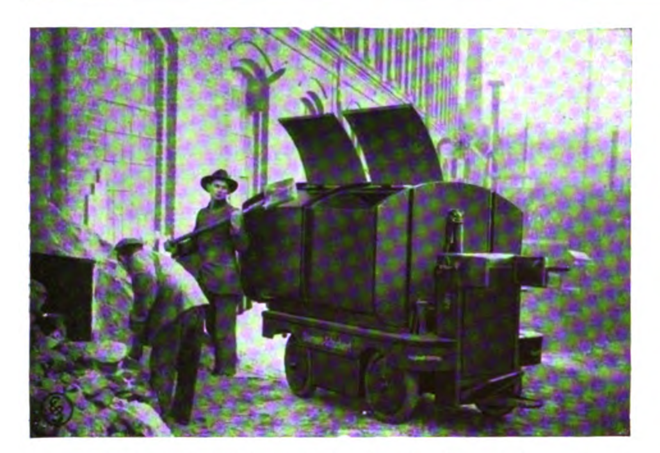


Bild 3. Hinterkipper bei der Straßenreinigung.



Bild 4. Elektroschlepper im Bahnhofsbetrieb.

Äußerlich ähnelt er der größeren Ausführung, ist aber so klein gehalten, daß er in jeden Aufzug paßt.

Als letzte Neuheit zeigt Bild 4 den Elektroschlepper, der sich entsprechend seinem Verwendungszweck sowohl in der äußeren Form als auch in baulichen Einzelheiten von der Grundtype unterscheidet. Auch er ist mit Zwei-Radlenkung ausgerüstet, hat aber Zwei-Motorenantrieb. Die Lüftungsbremse wird durch einen Fußtritt bedient, der Lenkhebel schwingt in wagerechter Richtung. Der Führersitz ist geschlossen und absichtlich niedrig gehalten für Fahrten durch Tunnels, die bei der Post häufig vorkommen. Zum Anhängen der Last hat der Schlepper vorn und hinten eine Kupplungseinrichtung.

Fernsprech- und Feuermelde-Anlage auf der Berliner Automobil-Ausstellung am Kaiserdamm (10.–18. Dezember 1924).

Von C. Rothe, Fernsprech-Abteilung der S. & H. A.-G.

Gelegentlich der Berliner Automobil-Ausstellung wurde die neue Ausstellungshalle am Kaiserdamm eröffnet, in der insbesondere Lastautomobile, Motorräder, Motorboote u. dgl. ausgestellt waren. Für die neue Halle war eine Fernsprechanlage für 30 Amtsleitungen und 250 Nebenstellen zu liefern; den Auftrag erhielt die Firma S. & H. A.-G. Bedingung hierbei war, daß die Anlage in vier Wochen

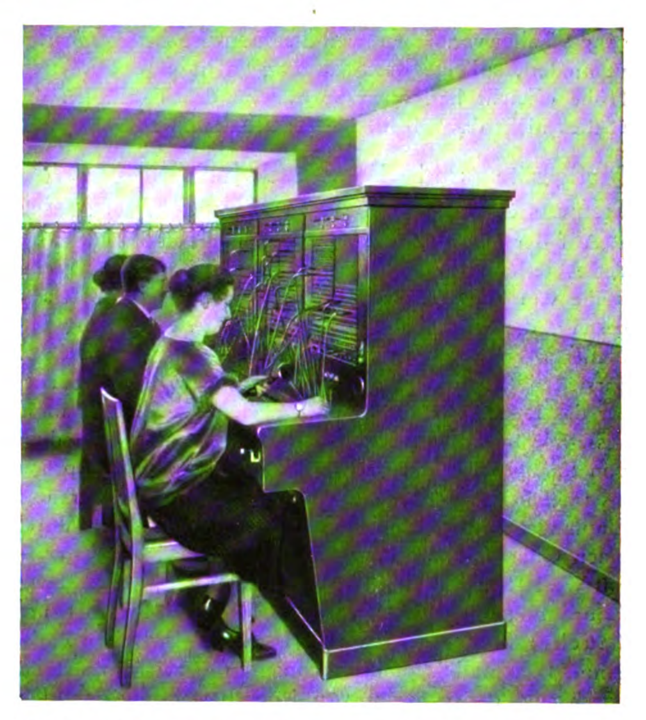


Bild 1. Okli-Zentralumschalter für 30 Amtsleitungen und 250 Nebenstellen mit Vielfachschaltung, für drei Arbeitsplätze eingerichtet.

in Betrieb gesetzt werden mußte. Die gestellten Bedingungen sind auch pünktlich eingehalten, und die neue Fernsprechanlage ist am 10. Dezember eingeschaltet worden. Aufgestellt ist ein Okli-Zentralumschalter für drei Arbeitsplätze (Bild 1). Die Amts- und Nebenstellenleitungen sind auf jeden Arbeitsplatz gleichmäßig verteilt, in Vielfachschaltung durchgeführt und mit Besetztlampen versehen, so daß eine übersichtliche und bequeme Bedie-



Bild 2. Von den Kabelverteilungskästen im ersten Stock führen fliegende Leitungen nach den Ständen der einzelnen Aussteller.

nung von jedem Platz aus möglich ist. Während der ganzen Dauer der Ausstellung herrschte ein sehr starker Sprechverkehr, insbesondere wurden Fernverbindungen verlangt und über den Oklischrank einwandfrei vermittelt. Die

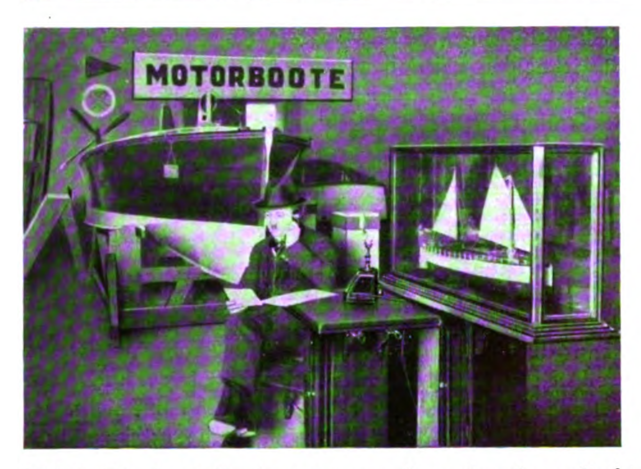


Bild 3. Die Aussteller konnten von ihrem Stand aus direkt über den Oklischrank mit dem öffentlichen Fernsprechamte verkehren.

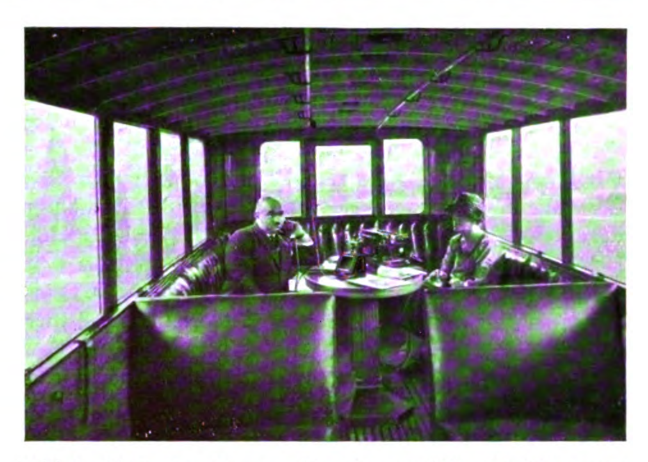


Bild 4. Teilweise dienen die Automobile als Büroraum und Sprechstelle, von wo ungestört telephoniert werden kann.



Bild 5. Hebellinienwählerstation für Doppelleitung in Metallgehäuse, für 20 interne Sprechstellen.



Bild 6. Hebel-Hapos-Apparat für drei Amtsleitungen mit Besetztzeichen, Wählscheibe und 15 interne Sprechstellen, mit Rückfrageeinrichtung, zum direkten Verkehr mit dem öffentlichen Fernsprechamte.

Leitungen von der Fernsprechzentrale nach den einzelnen Ausstellungsständen waren wie folgt geführt:

Von der in dem ersten Stockwerk liegenden Fernsprechzentrale liefen sechs Hauptkabel (Bleikabel) in Rohr unter dem Fußboden nach sechs Hauptverteilern; die Verteiler waren im oberen Stockwerk bequem zugänglich angeordnet. Von jedem Verteiler ging es nach einem kleinen Zwischenverteiler oder mittels fliegender Leitungen nach den einzelnen Ständen (Bild 2). Die Aussteller hatten die Fernsprech-Stationen entweder frei auf dem Tische (Bild 3) stehen oder in Nischen untergebracht. Größere Firmen, die viele Ferngespräche zu führen hatten, benutzten ihre Automobile als Büroräume und Sprechstellen und konnten von hier aus ungestört telephonieren (Bild 4).

Für die ständigen Büroräume der neuen Ausstellungshalle am Kaiserdamm hat die S. & H. A.-G. ferner noch eine besondere Linienwähleranlage mit Amtsanschlüssen eingerichtet. Verwendet sind die neuen S. & H.-Hebel-Hapos-Apparate für Doppelleitung in Metallgehäuse mit einer gemeinsamen Betriebsbatterie.



Bild 7. Fallklappentafel für Ruhestrombetrieb in der Feuermelderzentrale.

Mit Hilfe der Hebel-Hapos-Apparate (Bild 5 und 6) kann sich der Teilnehmer ohne eine besondere Vermittlungsstelle sowohl mit dem öffentlichen Fernsprechamt über drei Amtsleitungen, als auch mit 15 Haussprechstellen unmittelbar in Verbindung setzen. Ferner haben die Apparate Rückfrageeinrichtungen. Führt z. B. eine Nebenstelle ein Gespräch über das Postamt, und ist es notwendig, während dieses Amtsgespräches eine Auskunft von einer Haussprechstelle einzuholen, so kann das geschehen, ohne daß inzwischen die bestehende Amtsverbindung getrennt werden müßte. Beim Drücken einer Linientaste geht der Apparat selbsttätig in Rückfragestellung, nach erfolgter Rückfrage und Betätigung der Amtstaste schaltet er sich selbsttätig wieder auf das bestehende Postgespräch um.



Bild 8. Druckknopffeuermelder in rundem Eichenholzgehäuse mit verschließbarem Deckel.

Zum Betriebe der Hebel-Hapos-Anlage ist eine gemeinsame Betriebsbatterie von 12 V aufgestellt. Sie dient zum Betätigen der Besetztzeichen bei den Amtsapparaten, als

Rufbatterie und zur Speisung der Einzelapparate, so daß eine einwandfreie Sprachübertragung jederzeit gewährleistet ist

Für den Feuerschutz der Ausstellungshalle II lieferte die Firma S. & H. A.-G. eine Druckknopf-Melderanlage mit Drahtbruchkontrolle. An besonders günstigen Orten der Halle sind sechs Druckknopfmelder aufgestellt, während die Feuermelderzentrale (Bild 7) im Pförtnerhaus eingerichtet ist. Die Anlage steht unter Ruhestrom, und hierfür ist, entsprechend den Vorschriften des V. D. E. über Sicherheitsanlagen, eine besondere Akkumulatorenbatterie von 12 V Spannung vorgesehen.

Der Melder (Bild 8) besteht aus einem runden Eichenholzgehäuse, dessen verschließbarer Deckel eine auswechselbare Glasscheibe enthält. Im festen Teil ist der Druckknopf angebracht, der den Ruhestromkontakt betätigt. Beim Drücken des Knopfes entsteht zunächst eine Stromunterbrechung, wodurch die Fallklappe des Schleifenrelais in der Zentrale zur Hälfte zum Abfallen gebracht wird. Gleichzeitig wird durch den Anker des Relais der Störungswecker eingeschaltet. Beim Loslassen des Melderknopfes wird der Kontakt wieder geschlossen und ein Stromimpuls in die Leitung geschickt, unter dessen Einfluß der Fallklappenanker wieder anzieht. Infolgedessen fällt die Fallklappe in der Zentrale ganz und schaltet den Alarmwecker ein.

Bei Drahtbruch oder Störung fällt die Fallklappe zur Hälfte, und der Störungswecker ertönt. Auf diese Weise steht die Anlage dauernd unter Selbstkontrolle, und ihre ständige Betriebsfähigkeit ist gesichert..

Induktor zum Prüfen von Luftleer-Spannungsableiter-Patronen.

Freileitungen in Fernmelde-Anlagen müssen regelmäßig, nach stärkeren Gewittern möglichst sofort, geprüft werden. Die Prüfung ist in jedem Falle auch auf die eingebauten Luftleer-Spannungsableiter auszudehnen. Die Patronen dieser Spannungsableiter vertragen im allgemeinen eine sehr große Zahl von Entladungen. Das führt leicht zu der Annahme, sie seien in Ordnung, wenn äußerlich keine Veränderung festzustellen ist. Diese Annahme trifft nicht zu. Die Beschädigungen, die durch eine zu große Anzahl oder zu starke Entladungen hervorgerufen sind, bestehen oftmals nur in haarfeinen, mit dem bloßen Auge nicht erkennbaren Sprüngen, durch die das Vakuum in der Patrone geändert und diese selbst unbrauchbar geworden ist.

Zum Prüfen von Patronen, die neu angeliefert oder bereits in Betrieb sind, benutzt man mit Vorteil Prüfinduktoren. Jeder Induktor ist in einem mit einem Tragriemen versehenen Kästchen untergebracht und deshalb auch ganz besonders zur Verwendung auf der Strecke geeignet. Das etwas verlängerte Grundbrett des Kästchens trägt einen Federsatz zum Einsetzen der zu untersuchenden Luftleerpatronen. Über dem Federsatz liegt ein aufklappbarer Schutzdeckel. Eine Glasscheibe in dem Schutzdeckel ermöglicht es, die eingesetzte Patrone zu beobachten.

Beim Gebrauch des Prüfinduktors auf der Straße nimmt man die zu prüfende Patrone aus der Spannungsschutzvorrichtung heraus und setzt sie in den Federsatz am Induktor. Patronen mit Messerkontakten setzt man so ein, daß die Schneiden nach oben stehen. Dann schließt man den Schutzdeckel und dreht die Kurbel mit der normalen Geschwindigkeit (drei Umdrehungen in der Sekunde). Der Induktor liefert hierbei eine Gleichspannung von etwa 400 V. Die gebräuchlichen Luftleerpatronen sprechen im allgemeinen auf eine Gleichspannung von 350 V an, wobei Abweichungen von 10 v. H. nach oben oder unten vorkommen können.

Sind die Patronen in Ordnung, so leuchten sie bei der von dem Induktor gelieferten Spannung auf. Das Aufleuchten kann durch die Glasscheibe leicht beobachtet werden, weil sich die Patronen unter dem Schutzdeckel im Dunkeln befinden. Sieht man kein Leuchten, auch dann nicht, wenn man die Drehgeschwindigkeit über die normale hinaus erhöht, so sind die Patronen unbrauchbar und müssen ausgewechselt werden.

Elektrizitätswerk Charlottenburg.

Kürzlich wurde den SSW von der Berliner Elektrizitätswerke A. G. der Auftrag auf den Umbau des städt. Elektrizitätswerkes Charlottenburg übertragen. Der Auftrag ist deshalb bemerkenswert, weil durch den Umbau des nach heutigen Begriffen veralteten Werkes unter Beibehaltung vorhandener Turbinen ein Kraftwerk entsteht, das allen Anforderungen genügt, die man an ein heute neu zu errichtendes Kraftwerk stellen würde.

Die Kesselanlage wird, da sie an sich erneuerungsbedürftig war, ersetzt, und zwar durch 6 Babcock-Kessel und 6 Borsig-Kessel von je 700 m² Heizfläche für 35 at Dampfspannung. Als Roste sollen für jeden Kessel je zwei Wanderroste dienen von je 2,55 m Rostbreite. Beim Aufbau der Kessel wird darauf geachtet werden, daß Raum für eine genügend große Brennkammer für Kohlenstaubfeuerung vorhanden ist, falls man später zu einer solchen übergehen sollte. Da die alten Umfassungsmauern des Kesselhauses beibehalten werden, müssen die Economiser über den Kesseln angebracht werden. Die Rauchgase werden durch Saugzuganlagen abgeführt. Beim Umbau des Daches, das um einige Meter gehoben werden muß, wird ein ausreichender Kohlenbunker aus Eisenkonstruktion vorgesehen. Trotz der mit dem Umbau vorgesehenen Vergrößerung der Leistung und der gegebenen Raumverhältnisse wird das Kesselhaus geräumig, es wird gut durch Längsoberlichter belichtet. Die Bekohlung erfolgt durch die vorhandene Elektrohängebahn und Conveyoranlage, die beide in ihren Leistungen verstärkt werden.

An Stelle der früher vorhandenen älteren Turbinen und einer Dampfmaschine von insgesamt 15000 kW Leistung sollen vorläufig zwei Zoelly-Turbinen Bauart MAN von je 16000 kW für 13 at Eintrittsspannung verwendet werden, die schnell verfügbar waren. Die Dampfspannung von 35 at Kesseldruck bis auf 13 at an den „Niederdruckturbinen" wird ausgenutzt durch zwei Vorschaltturbinen von je etwa 7000 kW, Bauart MAN-Brünn. Die Schaltung und die Dampfdrücke gibt Bild 1 an. Der Dampf tritt mit 32 at in die Vorschaltturbinen ein. Er wird hier auf 13 at entspannt und geht dann zum größten Teil in die Niederdruckturbinen. Der Rest des Dampfes wird ungefähr zur Hälfte zum Anwärmen des Speisewassers benutzt, zu

Hälfte nach weiterer Entspannung in dem zweiten Zylinder der Vorschaltturbine auf 2 at zu Heizzwecken und zur Bereitung des Kesselspeisewassers. Die Anordnung schließt also den Vorteil des höheren Druckes und des Regenerativverfahrens neben der Verwendung vorhandener älterer Maschinen in sich. Bei der gezeichneten Anordnung ergibt sich für die Verhältnisse des E. W. Charlottenburg rechnerisch ein Kohlenverbrauch für Dauerbelastung, der zwischen 0,55 und 0,60 kg Kohle je kW liegen wird. Dies bedeutet etwa 4000 – 4200 WE/kW. Gegenüber den bisher bei einem Werk mit Grundbelastung erzielbaren Werten von 0,8 – 0,9 kg Kohle je kW, 5600 – 6300 WE/kW, ist dies eine recht bedeutende Verbesserung.

Die Generatoren erhalten Umlaufkühler. Auch die im Kühlwasser dieser Kühler aufgenommene Wärme wird dem Speisewasser zugeführt werden. Zu jedem Generator von 16000 kW werden zwei Transformatoren von 12500 kVA Leistung aufgestellt. Die Generatoren der Vorschaltturbinen erhalten je einen solchen Transformator gleicher Größe. Die Transformatoren sollen unter Umständen mittels Luft gekühlt werden. Die zur Verbindung des Werkes mit dem Netz nötige Schalt- und Umspannanlage wird in einem neuen neben dem Kraftwerk zu errichtenden Gebäude Aufstellung finden. Die Ausführung der schwierigen Gründungs-, Wasserkanal- und Fundamentarbeiten ist der Siemens Bauunion übertragen worden.

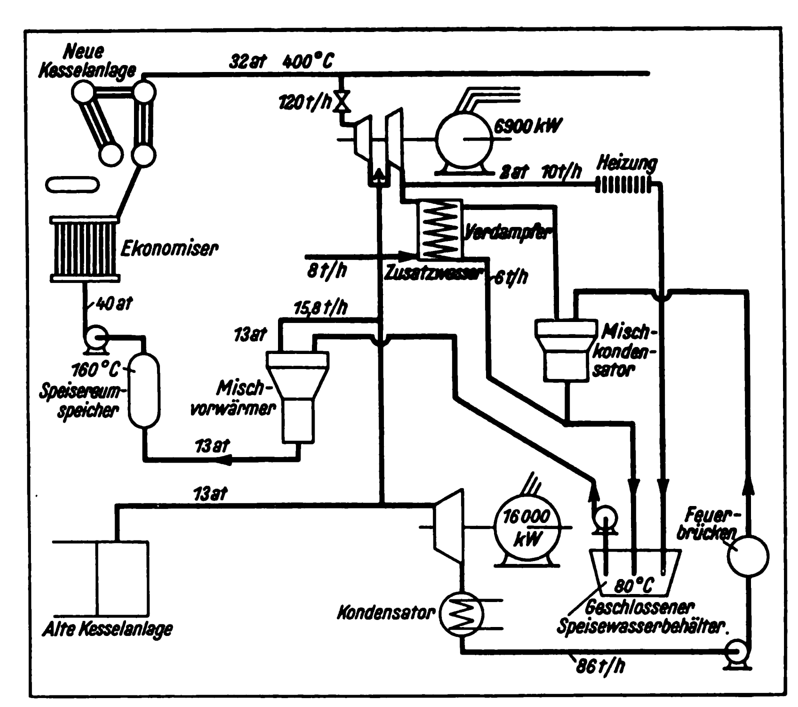


Bild 1. Dampfführung des neuen E. W. Charlottenburg.

EINGESANDTE BÜCHER

(Ausführliche Besprechung einzelner Bücher vorbehalten.)

Beiträge zur besseren Kenntnis des Hochspannungsporzellans. Von K. H. Reichau. Berlin, 1924. Verlag Keramische Rundschau G.m.b.H. 26 Seiten 7 Abb.

Der Verfasser dieser lesenswerten Monographie betont, daß Elektrotechnik und Keramik aufeinander angewiesen sind und in gemeinsamer Arbeit die notwendigen Fortschritte erzielen müssen. Trotz der hervorragenden Eigenschaften des Porzellans als Isoliermaterial für die Hochspannungsfreileitung mehren sich nämlich in den Fachzeitschriften der ganzen Welt Klagen über Betriebsstörungen und Schäden, die auf mangelhafte Beschaffenheit der Freileitungsisolatoren zurückzuführen sind.

Der Aufsatz enthält die Forderungen, die an ein für den Isolatorenbau geeignetes Porzellanmaterial gestellt werden müssen, und beschreibt die Prüfobjekte und Prüfverfahren, die Auskunft über die Wertigkeit des Rohstoffes, den der Porzellanfabrikant zu verarbeiten gedenkt, geben sollen. Unter diesen Prüfverfahren sind auch zwei weniger bekannte, nämlich einmal das Anätzen des Scherbens mit Flußsäure zur Feststellung des Grades der Sillimanitkristallbildung und dann die Verwendung zirkularpolarisierten Lichtes im mineralogischen Mikroskop zur besseren Feststellung des im Scherben noch vorhandenen ungelösten Quarzes.

Handbuch der Starkstromtechnik. I. Band: Konstruktion und Berechnung elektrischer Maschinen und Apparate. Von Ingenieur Robert Weigel. Vollständig umgearbeitet und erweitert von Dipl.-Ing. Hugo Loewe. 4. verbesserte und ergänzte Auflage. Verlag von Hachmeister & Thal, Leipzig, 1924. Teil III: Schalter, Regler und Anlasser. Erläutert durch Beispiele. 103 Seiten, 168 Abb.

Aus dem Inhalt: Kontaktarten. Hebelschalter. Ölschalter. Das Widerstandsmaterial. Regler. Zellenschalter. Einfache Anlasser. Anlasser mit Ölkühlung. Selbstanlasser der S S W. Fahrschalter. Flüssigkeitsanlasser. Anlaßtransformatoren. Bremsmagnete. Druckknopfsteuerungen.

Bezüglich der Darstellungsweise sei auf die Besprechung des II. Teiles auf S. 367 der „Siemens-Zeitschrift" vom Oktober 1924 verwiesen.

Taschenbuch für Fernmeldetechniker. Von Hermann W. Goetsch, Charlottenburg. Verlag von R. Oldenbourg, München und Berlin, 1925. 415 Seiten. 717 Abb. Preis: geb. M 10.—.

Das vorliegende Taschenbuch umfaßt in knapper Form neben Telegraphie und Fernsprechwesen fast alle Gebiete der Fernmeldetechnik. Die leicht faßliche Form wurde aus der Erwägung heraus gewählt, daß ein großer Teil der in der Fernmeldetechnik tätigen Ingenieure und Techniker aus der Praxis hervorgegangen und der Mehrzahl dieser neben den beruflichen Pflichten keine Gelegenheit

gegeben ist, aus der umfangreichen Fachliteratur das Wesentliche herauszuschälen und zu verwerten.

Der Verfasser spricht im Vorwort der Firma Siemens & Halske für das ihm im reichen Maße zur Verfügung gestellte Material seinen Dank aus.

Aus dem Inhalt: Theoretische Grundlagen. Stromquellen der Fernmeldetechnik. Weckersysteme. Relais. Haustelegraphie. Wasserstands-Fernmelder. Temperaturfernmessungen. Rauchgasprüfer. Eisenbahnsignalanlagen. Grubensignalanlagen. Feuermeldeanlagen. Uhrenanlagen. Handbetätigte und selbsttätige Fernsprechanlagen. Leitungen. Kabel. Fernsprechverstärker. Messungen.

Lehrbuch der Nomographie auf abbildungsgeometrischer Grundlage. Von H. Schwerdt, Studienrat am Falkgymnasium in Berlin. Verlag Julius Springer, Berlin, 1924. 267 Seiten. 137 Abb. Preis: geb. M 12.90.

Aus dem Inhalt: Grundlagen der Darstellung. Funktionsleitern. Punkttransformationen. Netztafeln. Fluchtlinientafeln. Duale Abbildung einer Ebene. Rechentafeln mit besonderen Schlüsseln.

In die einzelnen Abschnitte sind 151 der Praxis entnommene Aufgaben mit Lösungen eingestreut.

Einführung in die Elektrotechnik. Hochschulvorlesungen von Dr. C. Heinke, ordentl. Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule München, Geh. Regierungsrat. 2. neubearbeitete Auflage. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1924. 490 Seiten, 560 Abb. Preis: geb. M 18.—.

Aus dem Inhalt: Die elektrotechnisch wichtigen Grunderscheinungen und die elektromagnetischen Begriffe, verknüpft durch Hilfsvorstellungen. Die Energiewandlungen mit Erzeugung elektrischer Spannungen. Die technische Erzeugung elektrischer Arbeit. Die technische Verwertung der elektrischen Arbeit durch Umsetzung der elektrischen Leistung in andere (nichtelektrische) Energieformen. Die elektrischen Meßgeräte. Die Leitungsanlage nebst Anschlußapparaten.

Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure. Herausgegeben von Conrad Matschoß. 13. Band, Berlin. V. d. J.-Verlag G. m. b. H., 1923. 147 Seiten, 61 Abb. und 3 Bildnisse. Preis: geh. M 7.—.

Aus dem Inhalt: Über den derzeitigen Stand unserer Kenntnisse von den Anfängen der Völkerwaffen. Von Dr. phil. Johann Ottsen. Justus Liebig als Förderer der chemischen Industrie. Von Prof. Dr. W. Rassow, Leipzig. Die Geschichte des Suezkanals. Von Hochschulprofessor Dipl.-Ing. Dr. e. h. Alfred Birk, Prag. Die Firma Voigt & Haeffner. Das Werden eines Ingenieurs und eines Unternehmens zur Frühzeit der Elektrotechnik. Von Dr.-Ing. H. Voigt, Wilhelmshöhe. Von der Kupferschmiede zur Großindustrie. Am Lebenswerk von C. J. Heckmann dargestellt von Dr.-Ing. e. h. Baurat Eugen Hausbrand, Berlin. Die Schreibmaschine bis 1900 Von Oberregierungsrat Pfeiffer, Erfurt. Geschichte der Schokolade und der Schokoladenindustrie. Von Dr.-Ing. Hugo Th. Horwitz, Wien.

Die Hebezeuge. Berechnungen und Konstruktion der Einzelteile, Flaschenzüge, Winden und Krane. Für Schule und Praxis mit besonderer Berücksichtigung des elektrischen Antriebes bearbeitet von Bethmann, Gewerbe-Studienrat an den Vereinigten technischen Schulen Zwickau. 7. durchgesehene Auflage. Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 1923. 618 Seiten, 1168 Abb. Preis: geh. M 18.—, geb. M 23.—.

Aus dem Vorwort: Bei dem heutigen Stande des unter dem Einfluß der Elektrotechnik hoch entwickelten Hebezeugbaues ist es für Studierende und den von der Schule kommenden Techniker von Vorteil, ein Buch zur Hand zu haben, das leichtes Einarbeiten gestattet und genügende Anhaltspunkte für die Konstruktion bietet. Es wurde daher besonderer Wert auf einfache Berechnungsweise, übersichtliche Gestaltung und durchgeführte Beispiele gelegt.

Dem Bestreben der früheren Auflage, die Aufmerksamkeit der Studierenden auch auf die Kostenfrage zu lenken, wurde den veränderten Verhältnissen entsprechend wieder dadurch Rechnung getragen, daß im Anhang Angaben über Löhne und Materialpreise angegliedert sind.

Aus dem Inhalt: Einzelteile der Hebemaschinen (Seile, Ketten, Rollen, Trommeln, Haken, Bremsen, Zahnräder, Schneckengetriebe, Kupplungen, Räder usw.). Flaschenzüge. Die Antriebsarten. Winden. Drehkrane. Laufkrane. Bockkrane. Verladebrücken. Hüttenwerkskrane. Seilbahnkrane.

Elektrizität in industriellen Betrieben. Herausgegeben von Professor Dr.-Ing. e. h. W. Philippi. I. Band. Elektrizität im Bergbau. Von Professor Dr.-Ing. e. h. W. Philippi. Verlag von S. Hirzel, Leipzig, 1924. 301 Seiten, 185 Abb. und 2 Tafeln. Preis: geh. M 16.—, geb. M 18.—.

Zweck des Buches ist es, die wechselseitige Kenntnis des Wesens der elektrischen Energie und des elektromotorischen Antriebes einerseits und des Bergwerksbetriebes andererseits zu fördern. Der Bergingenieur muß sich mit dem Wesen der elektrischen Energie, insbesondere den Eigenschaften des Elektromotors und der zugehörigen Apparate vertraut machen, während der Elektroingenieur, der die einzelnen Anlagen bauen soll, das Wesen des Bergbaues möglichst genau kennen muß. Die mit den einzelnen Maschinenarten und deren Ausführungsformen gesammelten Erfahrungen müssen dem Bergingenieur geläufig sein und die durch den elektrischen Antrieb erreichbaren wirtschaftlichen und betriebstechnischen Vorteile muß er kennen, damit er weiß, welche Form er dem elektrischen Antrieb am zweckmäßigsten zu geben hat und warum und nach welcher Richtung hin dieser den anderen Antriebsformen überlegen ist.

Aus dem Inhalt: Aufgaben der Elektrizität im Bergbau. Verhalten und Ausführungen der Motoren und Apparate. Umformer und Transformatoren. Erzeugung elektrischer Energie. Maschinen zur Gewinnung, Vorrichtung und Abbauförderung. Seil- und Kettenförderungen und Grubenbahnen. Systeme der Schachtförderung. Fördermaschinen. Wasserhaltungen. Ventilatoren. Braunkohlenbergwerke. Schachtsignalanlagen.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.



SIEMENS-ZEITSCHRIFT
SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT
SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE
3. HEFT • BERLIN / MÄRZ 1925 • JAHRGANG 5

Neuzeitliche Wasserkraftanlagen

1. Die Wasserkraftanlage Öpfingen der Stadt Ulm a. D.

Von Reg.-Baumeister O. Schrader, Direktor der städtischen Straßenbahnen und Elektrizitätswerke Ulm.

Schon frühzeitig hatte die Stadt Ulm den Wert der Wasserkraftanlagen erkannt und nach Übergang des Elektrizitätswerks in städtisches Eigentum im Jahre 1905 alsbald den Ausbau zweier Wasserkraftanlagen, der Zentrale Ludwigsfeld an der Iller und des Donauwasserwerks an der Donau, in Angriff genommen. Außerdem hatte sie schon im Jahre 1891 eine Wasserkraft in Illerzell erworben. Die beiden Zentralen, deren Generatoren und Schaltanlagen wie bei Illerzell von den SSW geliefert wurden, kamen in den Jahren 1906 bzw. 1907 in Betrieb und waren eine Reihe von Jahren imstande, die Strombedürfnisse der Stadt Ulm nicht nur zu decken, sondern auch noch einen reichlichen Kraftüberschuß zu geben. Während des Krieges erfuhr, wie überall so auch in Ulm, der Stromabsatz durch den Abschluß der Industrie und Landwirtschaft eine bedeutende Steigerung, so daß der Überschuß in den Wasserkraftanlagen nicht nur bald untergebracht war, sondern auch die erforderliche Leistung die doppelte Höhe der Leistung der Wasserkräfte erreichte. Unter diesen Umständen beschloß der Gemeinderat der Stadt Ulm unter der tatkräftigen Führung ihres Oberbürgermeisters Dr. Schwammberger im Juli 1921 zu dem Ausbau einer weiteren Wasserkraft an der Donau bei Öpfingen zu schreiten, welche die Stadt im Jahre 1903 erworben hatte. Die Ausarbeitung mehrerer Projekte hatte gezeigt, daß hier die Verhältnisse besonders günstig lagen und sich sogar mit denen bei den Illerwasserkräften messen konnten, indem das Nutzgefälle je Kilometer über 1 m betrug.


Bild 1. Das Kraftwerk Öpfingen von der Oberwasserseite aus gesehen.

Das von der früheren Mühle vorhandene, die Donau schräg schneidende Überfallwehr von etwa 100 m Länge mit Grundablaßfallen wurde um 1 m erhöht und entsprechend befestigt. Am Ende des Wehrs wurde ein Einlaßbauwerk mit 5 Fallen erstellt, durch die bei Hochwasser der Kanal abgesperrt werden kann. Der Durchflußquerschnitt beträgt bei 5 m Fallenbreite und 2,50 m normaler Wassertiefe 62,5 m². Der anschließende Kanal hat eine Wasserspiegelbreite von 20 m, Sohlenbreite von 10 m, und Tiefe von 3,50 m. Die Kanalwände mit Steigung 1:1,5 sind betoniert. Der Kanal läuft zwischen dem Donaubett und einem Abhang und erweitert sich nach 900 m Länge zu einem Staubecken von etwa 430000 m² Fläche. Es wird auf der Seite des Flußbettes durch einen auf-

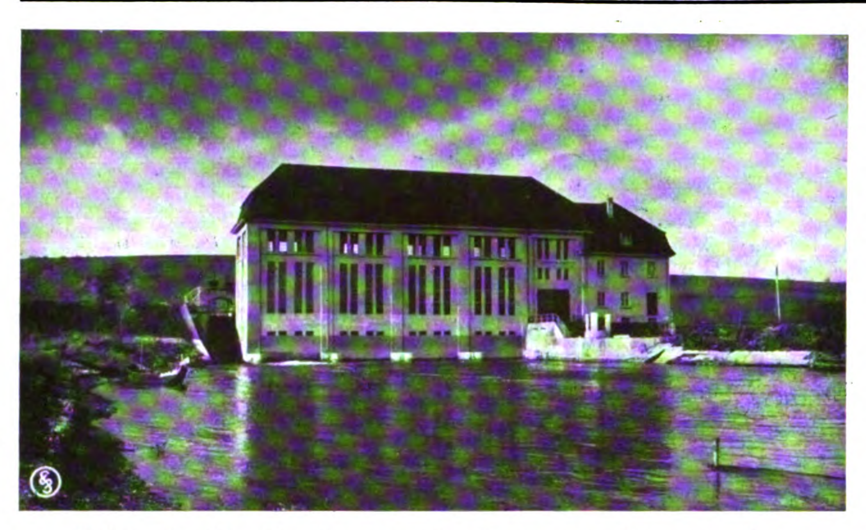


Bild 2. Das Maschinenhaus von der Unterwasserseite aus gesehen.

geschütteten Damm, auf der andern Seite durch den ansteigenden Hügel abgegrenzt. Hierdurch wurde nur auf einer Seite ein Damm erforderlich. Den Abschluß des Staubeckens bildet das in Bild 1 dargestellte Kraftwerk, von dem durch einen 400 m langen Unterkanal, in einem früheren Altwasser der Donau, das Wasser dieser wieder zugeführt wird. Das Werk ist für eine Entnahme von 60 m^3/s ausgebaut, und es beträgt das Nutzgefälle im Kraftwerk bei gefülltem See und 48 m^3/s Wasserentnahme 5,46 m.

Das Turbinenhaus des Kraftwerkes Öpfingen, dessen äußere Ansicht aus Bild 2 ersichtlich ist, hat eine Länge von 37,6 m, Breite von 10,6 m und lichte Höhe von 13,3 m. In ihm sind 3 Francisturbinen der Firma Escher Wyß & Cie. in Ravensburg für je 20 m^3/s Wassermenge und

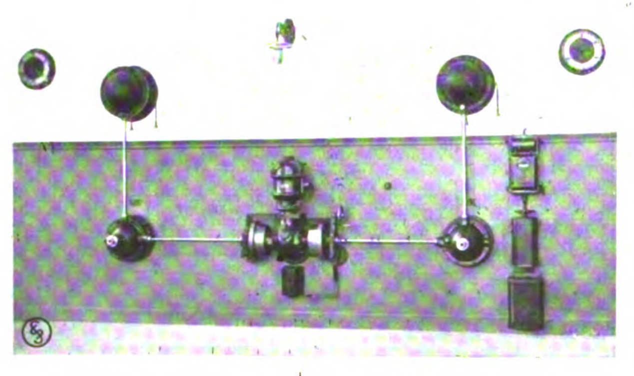


Bild 3. Antriebsvorrichtung der Einlaßschützen.

107 Umdrehungen in der Minute mit Außenreglung und senkrechter Welle, direkt gekuppelt mit auf 8 Säulen ruhenden Schirmgeneratoren, aufgestellt. Die Reglung der Turbinen erfolgt durch eine hydraulische Öldrucksteuerung mit elektrischer Verstellvorrichtung vom Schaltpult aus.

Bei dem Turbinenhausbau wurde sogleich der Raum für eine vierte Turbine vorgesehen und die Einlaufspirale mit Einlaßschützen fertiggestellt, so daß jederzeit ohne bauliche Veränderung die Aufstellung dieses Maschinensatzes vorgenommen werden kann. Jede Turbinenkammer ist durch ein elektrisch angetriebenes zweiteiliges Einlaßschütz verschlossen. Bild 3 veranschaulicht die Antriebsvorrichtung der Einlaßschützen.

Die Schirmgeneratoren, deren Aufbau im Maschinenraum aus Bild 4 zu ersehen ist, haben eine Leistung von je 1150 kVA bei $\cos \varphi = 0{,}7$ und liefern Drehstrom von 5000 V Spannung und 50 Perioden. Die Erregermaschinen mit einer Leistung von 19/22 kW bei 110 V Spannung sind direkt über dem Spurlager aufgebaut. Turbine und Generator haben außer dem Spurlager nur 2 Halslager. Das Spurlager der Firma Escher Wyß & Cie., dessen Spurlinsen in einem Ölbehälter mit Wasserkühlung ohne Preßölzufuhr laufen, hat durch den senkrechten Wasserdruck, das Gewicht des Läufers und des Turbinenlaufrades einen Druck von über 40 t aufzunehmen. Diese Spurlagerausführung hat sich bis jetzt sehr gut bewährt. Die Säulen, auf denen der Generator ruht, sind 1,50 m hoch, so daß die Außenreglung der Turbine von allen Seiten gut sichtbar und leicht zugänglich ist. Auch ist auf diese Weise eine sehr gute Ventilation für den Generator erreicht worden.

Am Kopf des Maschinenhauses ist in 1 m Höhe über dem Maschinenhausfußboden der Bedienungsraum für die Schaltanlage angeordnet, dessen Vorderansicht das Bild 5 darstellt. Jeder Generator hat ein Schaltpultfeld mit den zugehörigen Meßgeräten und Schaltapparaten für die elektrisch gesteuerten Maximalölausschalter und die Turbinenverstellvorrichtung. Dem Schaltpult gegenüber ist eine fünffelderige Schalttafel mit den Meßgeräten für die Fern-

leitung, die Transformatoren, den Schnellregler, ferner für eine selbsttätige Parallelschaltvorrichtung und einen Stationstransformator aufgestellt. Zu beiden Seiten der Schalttafel sind Wandarme mit den Instrumenten für das Parallelschalten bzw. die Erdungsdrosselspule angebracht. Seitlich ist noch ein Drehstromgleichstromumformer von 7,5 kW Leistung mit Schalttafel aufgestellt. Die Schaltanlage im Schalthaus ist auf 3 Stockwerke verteilt. Im Untergeschoß befinden sich die Meßzellen der Generatoren und eine kleine Akkumulatorenbatterie für die elektrische Fernsteuerung der Schalter und die Notbeleuchtung. Im Erdgeschoß sind die Ölschalter, eine Erdungsdrosselspule, ein Ölwiderstand für den Überspannungsschutz und der Stationstransformator aufgestellt, im ersten Stock die 5 kV- und 35 kV-Sammelschienen untergebracht. Auf der Außenseite sind die Zellen für drei Transformatoren angeordnet. Es sind vorerst nur zwei Drehstromöltransformatoren mit Luftkühlung von 2500 bzw. 1500 kVA und mit einer Übersetzung von 35 000/5000 V mit Anzapfungen für 4800 und 5200 V aufgestellt. Der kleinere Transformator ist eine Kerntype, der größere eine Manteltype. Bild 6 zeigt eine geöffnete Transformatorenkammer mit dem betriebsfertigen 2500 kVA-Transformator. Den Transformatoren sind kräftige Banddrosselspulen vorgeschaltet. Die Apparate auf der 5 kV-Seite entsprechen Serie III, auf der 35 kV-Seite Serie V. Die Spannungsreglung der Generatoren mit $\pm$ 5 v. H. erfolgt ausschließlich durch Änderung der Spannung im Nebenschluß der Erregermaschine, so daß die hierzu erforderlichen Regler und Stromstärken sehr klein sind.

Die Generatoren, Transformatoren und die Schaltanlage wurden durch die SSW geliefert. Die Bauaufsicht und die Montage der Schaltanlage hatte die Geschäftsstelle Stuttgart der SSW übernommen.

Die im Kraftwerk Öpfingen erzeugte Energie wird mit 35 000 V Spannung durch eine 14 km lange auf Holzmasten verlegte Freileitung mit Stützisolatoren, die auf Lyraträgern aus U-Eisen aufmontiert sind, nach dem Donauwasserwerk geleitet, dort in einem neuerstellten Umspannwerk mit gleicher Transformatorenleistung wie in Öpfingen auf 5000 V herabtransformiert und durch Kabel nach der Stadt Ulm geführt. Die Stützisolatoren sind je zur Hälfte

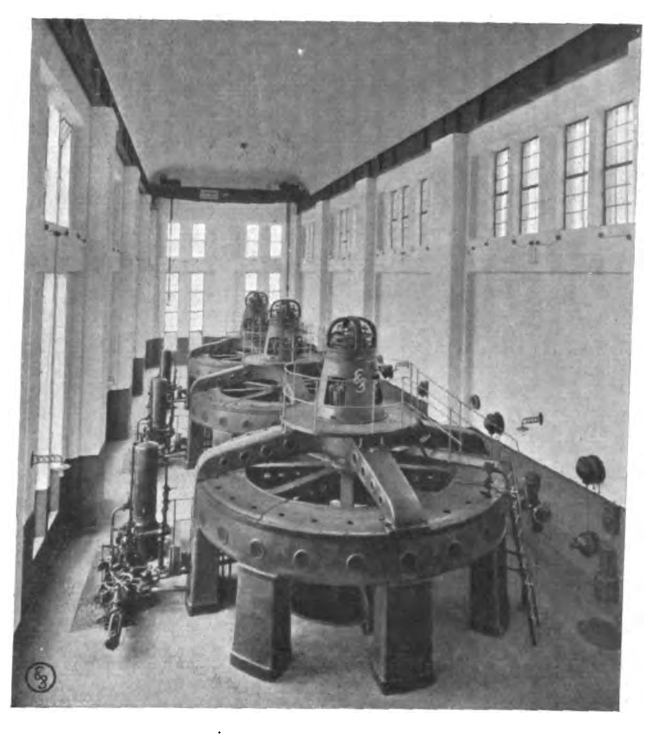


Bild 4. Maschinenraum mit den Vertikalgeneratoren und den Turbinenreglern.

einteilige Deltaglocken der Porzellanfabrik Hermsdorf Type J 1391 bzw. zweiteilige Deltaglocken der Porzellanfabrik Schomburg Type 5074 d. Am Gestänge ist noch eine Betriebstelephonleitung angebracht und in den beiden Zentralen eine Hochspannungstelephoneinrichtung von Siemens & Halske aufgestellt. Die Fernleitung wurde durch das Personal des Elektrizitätswerkes gebaut.

Durch Anordnung eines Speicherbeckens ist es möglich, einen großen Teil des überschüssigen



Bild 5. Bedienungsraum der Schaltanlage.

Nachtstroms in wertvollen Tagesstrom zu verwandeln, so daß bei einer Gesamtleistungsfähigkeit von 9 Millionen kWh über 6 Millionen kWh

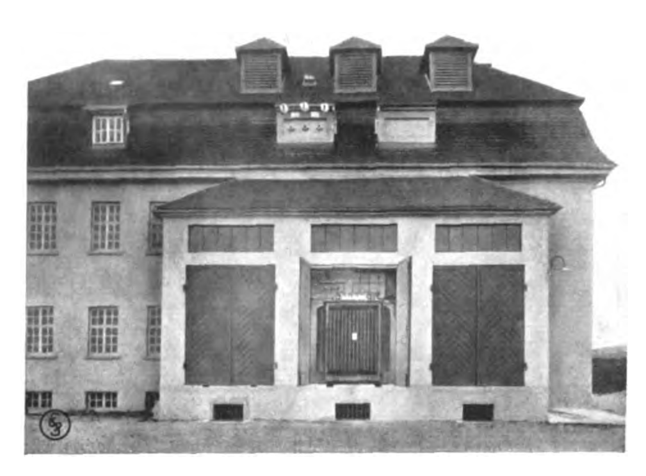


Bild 6. Transformator für 2500 kVA.

Tagesstrom während 10 Stunden erzeugt werden können. Nach dem Wasserwirtschaftsplan ist im 10jährigen Mittel an 126 Tagen Vollwasser mit 60 m³ für die Tagesbelastung vorhanden und an 320 Tagen noch für 40 m³.

Das Projekt und die Pläne für den Wasserbau stammen von dem städtischen Wasserbausachverständigen Oberbaurat Hurt, für die Hochbauten vom städtischen Hochbauamt, Oberbaurat Holch, während die Disposition und Erstellung der maschinellen und elektrischen Einrichtung und Fernleitung zu dem Aufgabenkreis des Verfassers gehörten.

Mit dem ersten Spatenstich wurde im Oktober 1921 begonnen, und bereits im April 1923 konnte die erste Maschine und im Juli 1923 das ganze Werk dem Betrieb übergeben werden.

Im Frühjahr wird der Ausbau der unterhalb des Öpfinger Werks liegenden Wasserkraft bei Donaustetten durch die Stadt Ulm in Angriff genommen, die etwa die doppelte Leistung des Öpfinger Werks erhält. Es ist alsdann die ganze Donau von Öpfingen bis zur Illermündung von der Stadt Ulm ausgebaut. Nach Ausbau dieser Staustufe verfügt die Stadt Ulm alsdann über Wasserkräfte mit einer Leistung von zusammen über 8000 kW und einer Leistungsfähigkeit von rd. 35 Millionen kWh.

2. Das Illerkraftwerk Tannheim der Oberschwäbischen Elektrizitätswerke Biberach a. Riß.

Von M. Lechler, Ingenieur der Abteilung Zentralen der SSW.

Allgemeines.

In der Zeit schlimmster Kohlenknappheit und steigender Preise, in welcher die wirtschaftliche Ausnutzung der in Deutschland zur Verfügung stehenden Wasserkräfte immer größere Bedeutung erlangte, wurde durch den Staatsvertrag zwischen der württembergischen und der bayerischen Regierung vom Jahre 1917 die von beiden Ländern gewünschte Grundlage zur Aufteilung der Wasserkräfte an der Iller geschaffen. Jedem Land sollte eine bestimmte Anzahl Gefällstufen dieses Flusses zur Verfügung stehen, die einerseits in Anbetracht der herrschenden Kohlennot, anderseits mit Rücksicht auf die starke Nachfrage nach elektrischem Strom für Industrie und Landwirtschaft möglichst bald ausgebaut werden mußten. Da Württemberg im Gegensatz zu Bayern nur über geringe Wasserkräfte verfügte, war eine beschleunigte Inangriffnahme von Kraftwerkbauten an der Iller für Württemberg von erhöhter Bedeutung.

Der Bezirksverband Oberschwäbischer Elektrizitätswerke in Biberach a. Riß, der sich durch den Zusammenschluß einer größeren Anzahl von Amtskörperschaften und Städten des schwäbischen Oberlandes von Ulm bis zum Bodensee zum Zweck gemeinschaftlicher Versorgung ihrer Bezirke mit elektrischem Strom gebildet hatte, sah sich bereits im Jahr 1918 trotz Aufkaufs des Ulmer Dampfkraftwerkes außerstande, den fortwährend steigenden Strombedarf auf die Dauer aus eigenen Werken zu decken. Aus diesem Grunde strebten die OEW danach, die Konzession zum Ausbau der Wasserkräfte an der Iller zu erlangen. Nachdem ihnen alsdann die Konzession verschiedener Baustufen von der Württembergischen Regierung erteilt war, beschlossen sie, noch im Laufe des Jahres 1919 mit dem Bau der Illerkraftstufe II bei Tannheim zu beginnen. Die Maschinen und der elektrische Teil für das Kraftwerk Tannheim wurden vertragsgemäß Ende November 1920 bestellt.

Eigenart der Wasserkraft und Lage des Kanals.

Die Iller ist auf etwa 60 km Länge Grenzfluß zwischen Württemberg und Bayern. Sie entsteht aus den kräftigen Gebirgsbächen der Breitach,

der Stillach und Trettach, die sich bei Oberstdorf in den Allgäuer Alpen vereinigen und von da ab den Namen Iller führen. Diese ist also ein Gebirgsfluß mit allen für den Wasserbetrieb mehr oder weniger günstigen Eigenschaften, wie starkes Anschwellen der Wassermengen im Frühjahr bei Schneeschmelze, wechselndes Abflauen und Ansteigen der Wassermassen im Sommer und Herbst und starker Rückgang bei Eintritt von Winterkälte.

Bild 1 zeigt einen Überblick über die örtliche Lage des Kraftwerkes Tannheim sowie des Ober- und Unterwasserkanals. Der ganze Kanal verläuft, abgesehen von einigen dem Gelände angepaßten leichten Krümmungen, ziemlich parallel zur Iller. Das Stauwehr quer über die Iller hinter dem Kanaleinlauf wurde in der Nähe der Ortschaft Mooshausen eingebaut. Bestimmend für seine Lage war einerseits ein auf bayerischem Ufer vorhandener fester Baugrund und andererseits die sich bietende Ausnutzung der kurz vor dem Kanaleinlauf, oberhalb der Wehrstelle einmündenden Aitrach, dem einzigen linksufrigen Nebenfluß der Iller, dessen Wasser dem Kanal noch zugeführt werden sollte. Stauwehr und Kanaleinlauf sind aus Bild 2 und 3 ersichtlich.

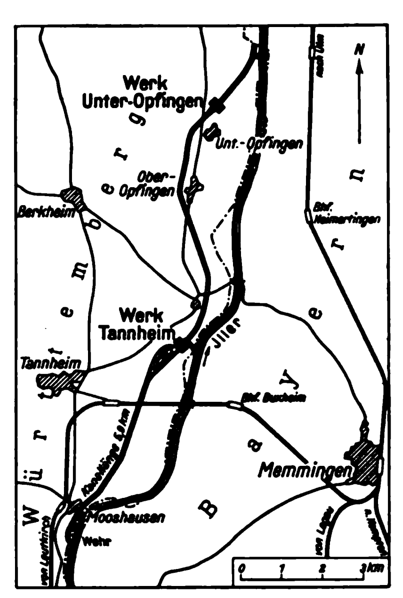


Bild 1. Lage der Kraftwerke Tannheim und Unteropfingen am Illerkanal.

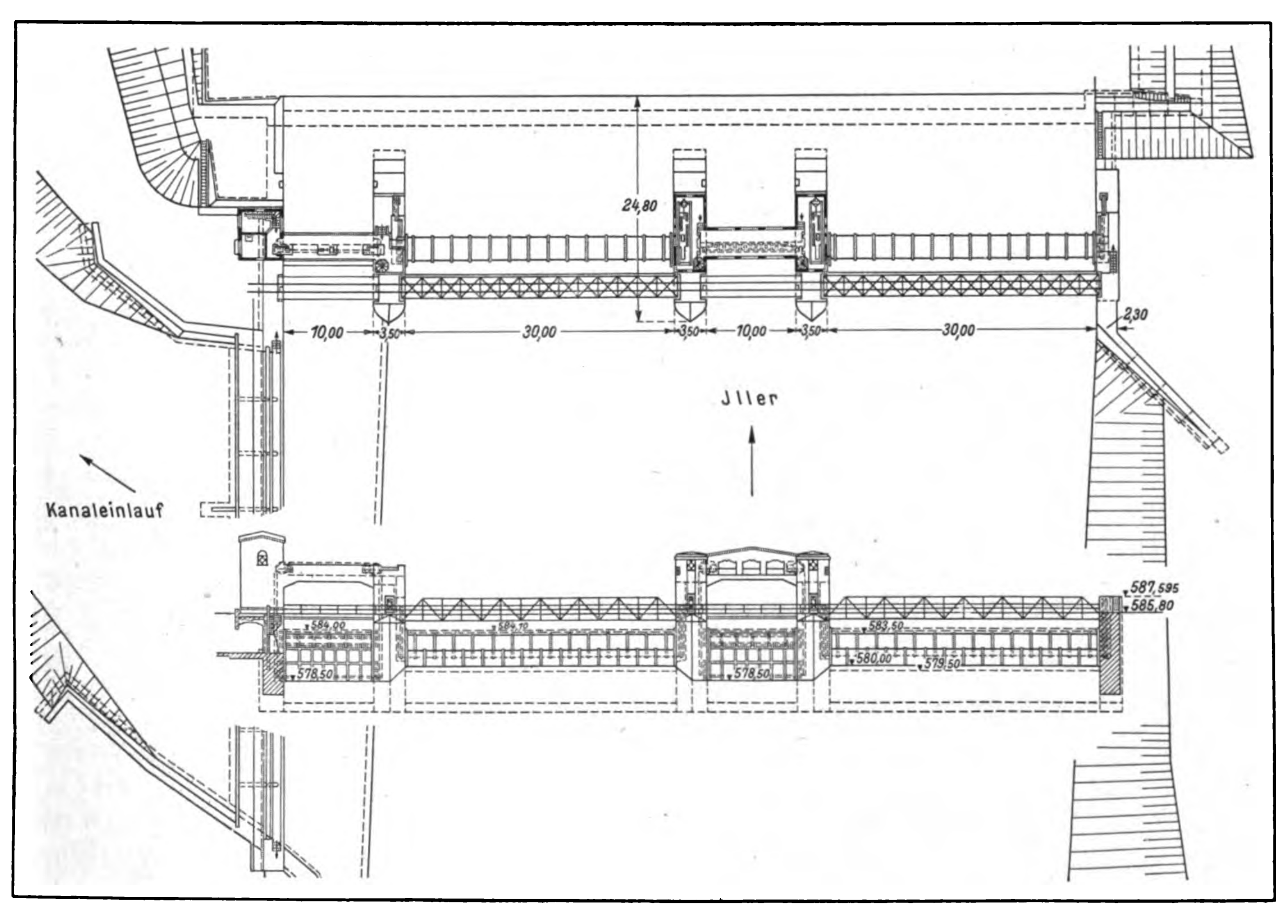


Bild 2. Stauwehr und Kanaleinlauf bei Mooshausen.

Wasserbauten.

Das Wehr selbst ist ein kombiniertes Walzen- und Rollschützenwehr mit vier Öffnungen, bei dessen Ausführung die Reihenfolge

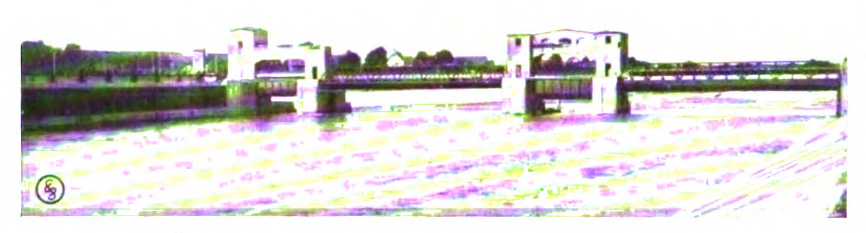


Bild 3. Stauwehr von der Oberwasserseite gesehen.

Schütze — Walze — Schütze — Walze gewählt wurde. Demnach sind, wie die genannten Abbildungen zeigen, zwei Wehröffnungen mit Walzen von 30 m lichter Weite und 4 m Höhe und die beiden anderen Öffnungen, die als Grundablaß dienen, mit 10 m lichter Weite und 5,5 m Verschlußhöhe durch doppelseitige Rollschützen abgeschlossen. Die Antriebsvorrichtungen der Windwerke können sowohl von Hand als auch elektrisch bedient werden. Eine besondere Umformerstation für die Motoren der Windwerke wurde im organischen Zusammenhang mit dem Wehroberbau linksufrig (auf württembergischer Seite) angeordnet. — Die Elektromotoren für die Windwerke werden mit Drehstrom von 380 V betrieben, sie haben für die Walzen eine Stärke von 24 PS bei 720 Umdr/min und für die Schützen eine solche von 10 PS bei 950 Umdr/min. Die Hubzeiten betragen bei elektrischem Antrieb 26 Minuten für jede Walze und 24 Minuten für jedes Schütz, während bei Bedienung von Hand das Vielfache an Zeit gebraucht wird.

Durch den 54 m breiten, auf der linken Uferseite gelegenen, in neun Öffnungen unterteilten Kanaleinlauf mit Abschlußschützen, Grobrechen und Hochwasserschutzwand kann der Iller bis zu 60 m^3/s Betriebswasser entnommen werden. Um die Gefahr der Verkiesung des Kanals zu vermeiden, wurde der Kanaleinlauf etwa 3,0 m über die Sohle des Grundablasses gelegt. Die Länge des Oberwasser-Kanals bis zum Kraftwerk beträgt etwa 5,9 km; im oberen Teil des Kanals liegt die Sohle in festem Grund, im unteren Teil in Kies. Die Kanalprofile wurden deshalb im oberen Teil flach ausgeführt; die Sohlenbreite wechselt zwischen 12,50 und 7,00 m. Zum Schutz gegen den Wasserangriff sowie zur Verringerung der Wasserverluste wurden die Böschungen des Kanals auf ihrer unteren Schicht etwa 15 cm stark betoniert. Die Wassertiefe des Kanals schwankt zwischen 3,50 m in der Nähe des Wehrs und 6,00 m vor dem Kraftwerk, woselbst der Kanal zu einem Speicherbecken von etwa 17 ha Wasserspiegelfläche erweitert ist. Den Abschluß des Speicherbeckens bildet eine dem Turbinenhaus unmittelbar vorgelagerte Staumauer, in die drei Entnahmerohre von je 3,50 m lichtem Durchmesser eingebaut sind, die nach dem Maschinenhaus zu abfallend an ihrem Ende in sorgfältig ausgebildete Betonspiralen übergehen und durch diese das Wasser den Turbinen zuführen, wie dies aus Bild 4 (Schnitt durch die Turbinenanlage) ersichtlich ist. Bild 5 und 6 zeigen photo-

Bild 4. Grundriß und Schnitt der Turbinenanlage nebst Wassereinlauf.

graphische Aufnahmen des Maschinen- und Schalthauses von der Ober- und Unterwasserseite.

Turbinen und Generatoren.

Die von der Firma Escher Wyß & Cie., Ravensburg in Württemberg, gelieferten Turbinen sind als vertikale Einrad-Schnelläuferturbinen gebaut und mit den darüber stehenden vertikalen Stromerzeugern der SSW unmittelbar gekuppelt. Bei einem Nutzgefälle von 18,50 m leistet jede Turbine 4160PS bei 188 Umdr/min. Der Übergang von der vorerwähnten Betonspirale zu den beweglichen Leitschaufeln der Turbine wird durch einen Distanzring gebildet, der sich allmählich auf die Breite der Leitschaufeln verringert und dessen fischförmig ausgebildete Stützschaufeln dem Wasser als Führung dienen. Die Zapfen der aus Stahlguß angefertigten drehbaren Leitschaufeln sind bis zur Höhe des Maschinenhausflurs verlängert und unmittelbar mit dem Regulierring mittels Hebel und Lenker verbunden. Der Regulierring wird mittels zweier eiserner Verbindungsstangen von dem Präzisionsöldruckregler, Bauart Escher Wyß & Cie., verstellt. Das Regulierpendel und die zur Erzeugung des Öldruckes für die selbsttätige Reglung benötigte Pumpe werden durch eine wagrecht eingebaute Vorgelegewelle angetrieben, die von der Turbinenwelle durch gekapselte, in Öl laufende Kegelräder betätigt wird.



Bild 5. Maschinen- und Schalthaus von der Unterwasserseite gesehen.

beiden Führungslager werden selbsttätig durch Vorrichtungen geschmiert, die einen Kreislauf des Öles bewirken. Das ganze Gewicht der umlaufenden Teile von Turbine und Generator, sowie die durch den Wasserfluß erzeugte Axialbelastung beträgt zusammen etwa 90 t, die durch ein Ringspurlager aufgenommen und von diesem auf den unmittelbar darunter sitzenden, aus Stahlguß bestehenden Armstern übertragen werden. Das Spurlager ist in die über dem Armstern sitzende Laterne des Generators eingebaut und läuft in Öl, hat jedoch keine besonderen Öldruckvorrichtungen und Pumpen; den Entlastungsdruck erzeugt es selbst. Zur Kühlung des Schmieröles ist lediglich eine von Frischwasser durchflossene Kühlschlange in das die Spurlagerplatten umgebende Ölbecken eingebaut.

Aus dem in Bild 7 dargestellten Schnitt durch den ganzen Maschinensatz sind alle Einzelheiten von Turbine und Generator deutlich zu ersehen.

Das Laufrad der Turbine ist an dem unteren Flansch der Turbinenwelle befestigt, während der obere Flansch mit der Generatorwelle gekuppelt ist. Die etwa 8 m lange vereinigte Turbinen- und Generatorwelle hat jeweils nur zwei Führungslager, von denen das eine oberhalb des Turbinenlaufrades angebracht und das andere im Armstern des Generators eingebaut ist. Die

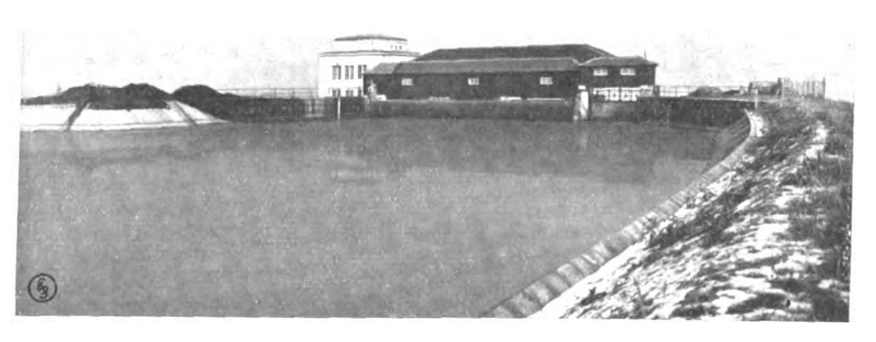


Bild 6. Speicherbecken und Staumauer mit Maschinenhaus.

Um die Läufer der Generatoren und den Regelmechanismus der Turbinen zugänglich zu machen, sind die Generatorgehäuse auf gußeiserne Trag-

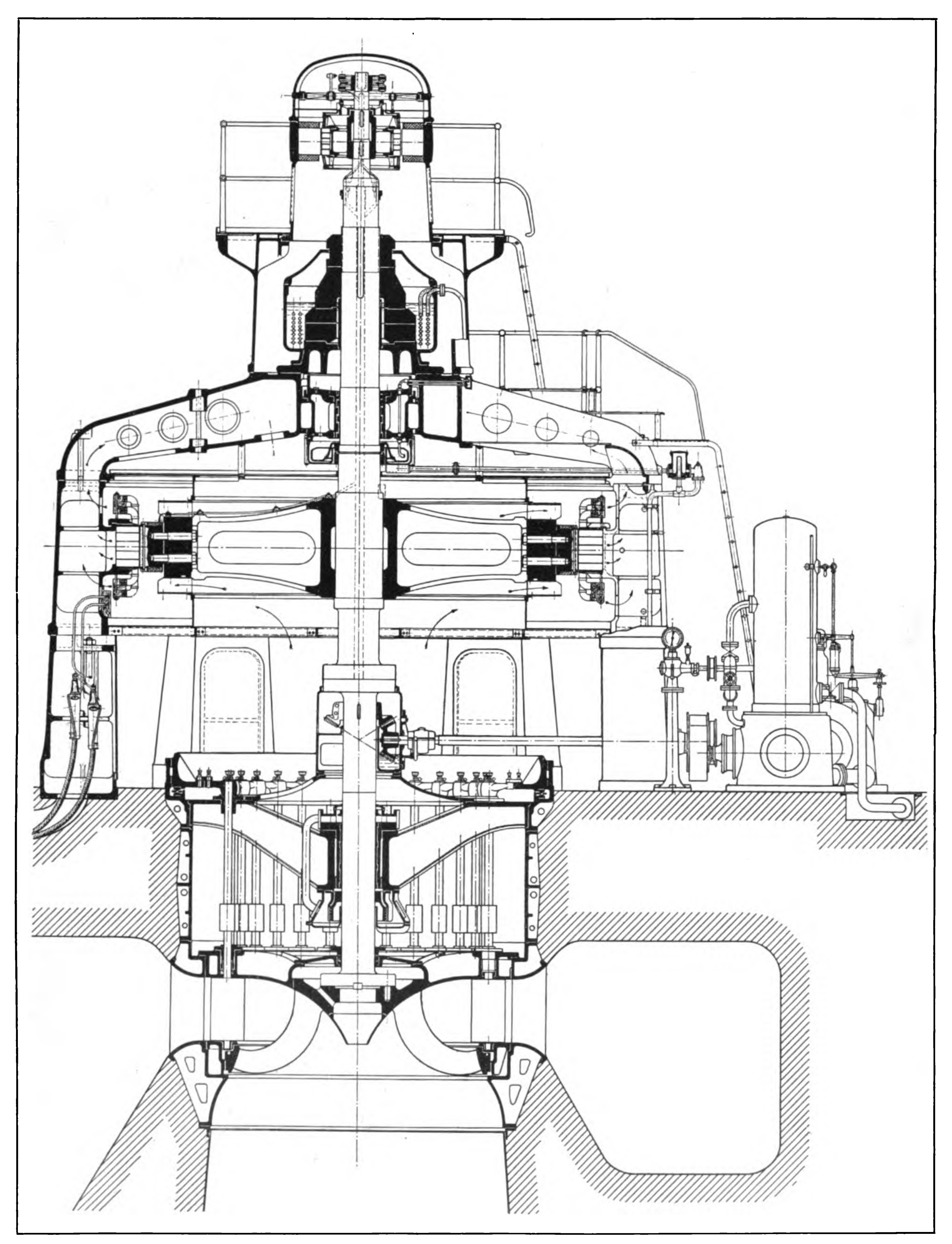


Bild 7. Schnitt durch Turbine und Generator.

säulen gestellt, die im Fußboden des Maschinenhauses einbetoniert wurden.

Bild 8 zeigt eine photographische Aufnahme der drei Vertikalgeneratoren, die durch ihre beträchtlichen Abmessungen das Gesamtbild des Maschinenraumes beherrschen. Die Höhe der Generatoren über Maschinenflur beträgt etwa 6,5 m, während der Ständer einen Durchmesser von 5,5 m hat. Die oberen Teile der Generatoren, z. B. Traglager und Erregermaschinen, sind jeweils durch eine zu einer Laufbühne führenden Treppe mit Schutzgeländer zugänglich gemacht.

Die Dauerleistung der einzelnen Generatoren beträgt 3500 kVA, entsprechend 2600 kW bei einem Leistungsfaktor von $\cos \varphi = 0{,}75$ und 50 Per/s. Die verkettete Spannung beträgt normal 5000 V, regelbar von 4900 auf 5600 V bei allen Belastungen, und $\cos \varphi = 0{,}75$. Die Generatoren machen normal 188 Umdr/min, jedoch können sie, falls die Turbinenreglung einmal versagen sollte, 420 Umdr/min aushalten. Bei der Prüfung der Maschinen wurden die Läufer einer entsprechenden Schleuderprobe unterworfen. Das GD^2 beträgt jeweils 226000 kgm^2.

Mit Rücksicht auf die bei der hohen Durchgangsdrehzahl auftretenden großen Fliehkräfte und den dadurch entstehenden hohen Materialbeanspruchungen sind die Naben und Speichen der Läufer aus Stahlguß, die aufgeschrumpften Polkränze aus Siemens-Martinstahl und die auf letzteren aufgeschraubten Magnetpole aus Stahlguß hergestellt. Die aus Siemens-Martinstahl geschmiedeten Wellen der Generatoren sind zur Durchführung der Erregerleitungen zu den Schleifringen mit einer Bohrung und seitlich ausmündenden Kanälen versehen, wie dies aus dem in Bild 7 dargestellten Schnitt des Generators ersichtlich ist. Die Wellen der Erregeranker sind auf die Generatorwellen fliegend aufgeflanscht und mit letzteren verschraubt.

In die zweiteiligen gußeisernen Gehäuse ist das Blechpaket eingefügt, das für die Spulenwicklung mit offenen Nuten versehen ist. Die Spulen selbst sind mit Glimmer umpreßt und leicht auswechselbar. Ferner ist noch zu erwähnen, daß die Generatoren mit Halbkapselung ausgeführt sind, wobei die Kühlluft mittels eingebauter Ventilatoren zwischen den seitlichen Schilden und dem Gehäuse aus dem Maschinenraum angesaugt wird.

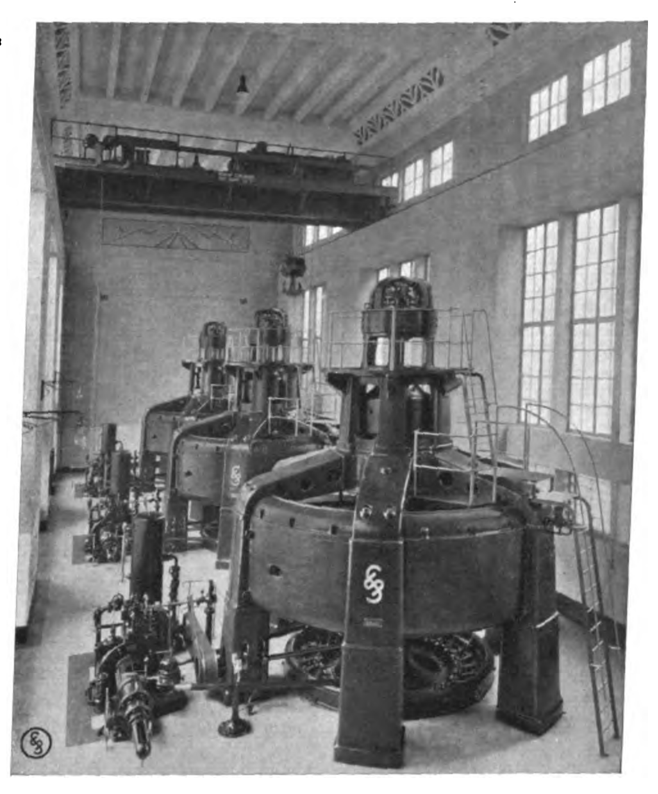


Bild 8. Maschinenraum mit den drei Vertikalgeneratoren und den Turbinenreglern.

Das Gewicht der Welle mit Kuppelflansch nebst Polrad und Magnetpolen sowie Erregeranker mit Kollektor und Schleifringen beträgt zusammen etwa 25600 kg, während die beiden Gehäusehälften mit vollständiger Wicklung etwa 24000 kg und die gußeisernen Tragsäulen einschließlich Fundamentanker und Ankerplatten etwa 8450 kg wiegen. Das Gewicht des Armsterns beträgt etwa 9500 kg. Die übrigen Gewichte sind von geringerer Bedeutung.

Die Leistung der Nebenschluß-Erregermaschinen, deren Gehäuse jeweils auf der Laterne über dem Armstern aufgesetzt sind, beträgt normal etwa 198 A bei 220 V, jedoch kann diese Leistung noch erheblich gesteigert werden.

Die Spannungsreglung geschieht durch einen für alle 3 Generatoren gemeinsamen Eilregler, dessen Apparate in einem besonderen Schaltschrank untergebracht wurden. — Aus Bild 9 sind die in Tannheim aufgenommenen Kurven der Leerlauf- und Kurzschlußcharakteristik eines Generators zu ersehen. Die Vertikalgeneratoren erforderten jeweils eine Montagezeit von etwa 8 Wochen einschl. Anfuhr der einzelnen Teile vom Bahnhof Tannheim zum Maschinenhaus des

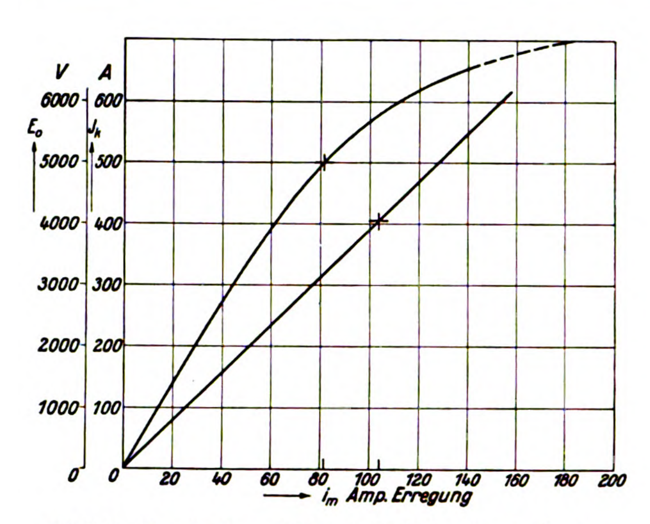


Bild 9. Leerlauf- und Kurzschlußcharakteristik eines Generators.

Kraftwerkes. Der erste Generator war bereits Mitte November 1922 betriebsbereit, konnte jedoch wegen Undichtheiten in der Sohle des Staubeckens erst im Januar 1923 in Betrieb

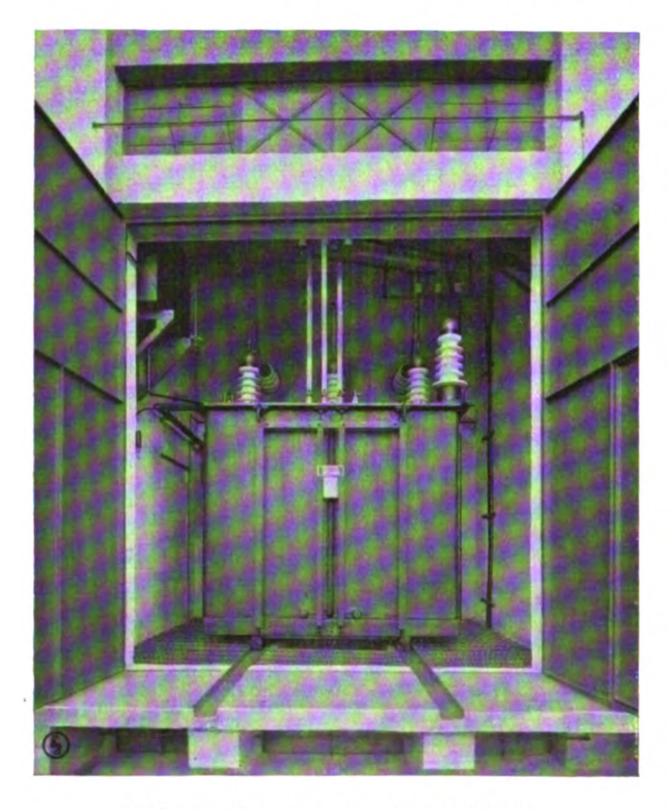


Bild 10. Transformator für 3500 kVA.

genommen und auf das Leitungsnetz der OEW geschaltet werden. Ende April 1923 waren alle 3 Maschinensätze betriebsbereit.

Transformatoren und Fernleitung.

Die in den Generatoren erzeugte Drehstromspannung wird mit Hilfe von 3 Transformatoren, deren Leistung die gleiche ist wie diejenige der Generatoren, von 5000 V auf 55000 V Fernleitungsspannung erhöht. Diese 3 Transformatoren (Kerntypen mit innerer Wasserkühlung) von je 3500 kVA-Leistung wurden ebenfalls von den SSW geliefert. Bild 10 zeigt einen der 3 Transformatoren, betriebsfertig montiert, in geöffneter Transformatorenkammer. Die Transformatoren bilden elektrisch zwar ein Ganzes mit den Generatoren, jedoch können sie von diesen gegebenenfalls durch Trennschalter getrennt werden.

Außerdem kann jeder Generator für den Eigenbedarf des Werkes mittels Trennschalter auf die Werksammelschienen für 5000 V geschaltet werden. Der im Kraftwerk Tannheim erzeugte Strom wird mit 55000 V-Spannung nach den einzelnen Unterwerken der OEW, also nach Donautal, Trochtelfingen, Herbertingen, Biberach und Ravensburg geleitet, woselbst die Spannung von 55000 V auf 15000 V transformiert und hierauf den zahlreichen Ortschaften zugeführt wird. In den Ortsstationen wird der Strom schließlich von 15000 V auf die Gebrauchsspannung von 380/220 transformiert.

Elektrische Schutzeinrichtungen.

Eine besondere Rolle spielen die von den SSW gelieferten elektrisch betätigten Schutzvorrichtungen (System Bauch), durch welche die Generatoren und die Transformatoren sowie die Freileitungen gegen Beschädigungen durch Kurzschlüsse, Synchronisierfehler, Windungsschluß in den Transformatoren usw. geschützt werden. Die Schaltung der dazu erforderlichen Apparate ist aus dem Schaltbild (Bild 11) ersichtlich. Der Generatorschutz erfaßt den in einem Generator auftretenden Kurzschluß, ferner Überlastung und Synchronisierfehler, während z. B. ein Gestellschluß nur durch entsprechende Signale angezeigt wird. Bei jedem auftretenden Schaden wird der aus Generator und Transformator bestehende Maschinensatz abgeschaltet, und zwar selektiv derart, daß nur der beschädigte Satz aus dem Betrieb genommen wird. Diese selbsttätige Abschaltung wird durch eine Relaisanordnung erreicht, die wahlweise bei dem beschädigten



Generator ein kurzgestaffeltes Zeitrelais betätigt, während die nicht beschädigten Generatoren mit einem langgestaffelten Relais laufen. Ein im Transformator auftretender Schaden wird gleichfalls selektiv abgeschaltet, und zwar wird diese Wirkung durch die sogenannte Stützdrossel erreicht. Parallel zum Transformator wird ein kleiner, Kerntransformator geschaltet und der Nullpunkt des Transformators mit dem der Stützdrossel verbunden. In diese Verbindungsleitung wird ein Stromwandler geschaltet, der sekundär auf ein Maximalstromrelais arbeitet. Findet im Transformator ein Windungsschluß statt, d. h. werden Windungen im Transformator kurz geschlossen, so verschiebt sich der Nullpunkt des Transformators und die Stützdrossel sendet einen Ausgleichstrom nach dem Transformator, um die gesunkene Spannung der Phase zu heben. Der Ausgleichstrom fließt alsdann über die Nullpunktsverbindung zurück und erreicht den Stromwandler, der das Abschalten des Maschinensatzes über das Maximalstromrelais bewirkt. Ob der Generator oder der Transformator beschädigt ist, wird durch Signallampen angezeigt.

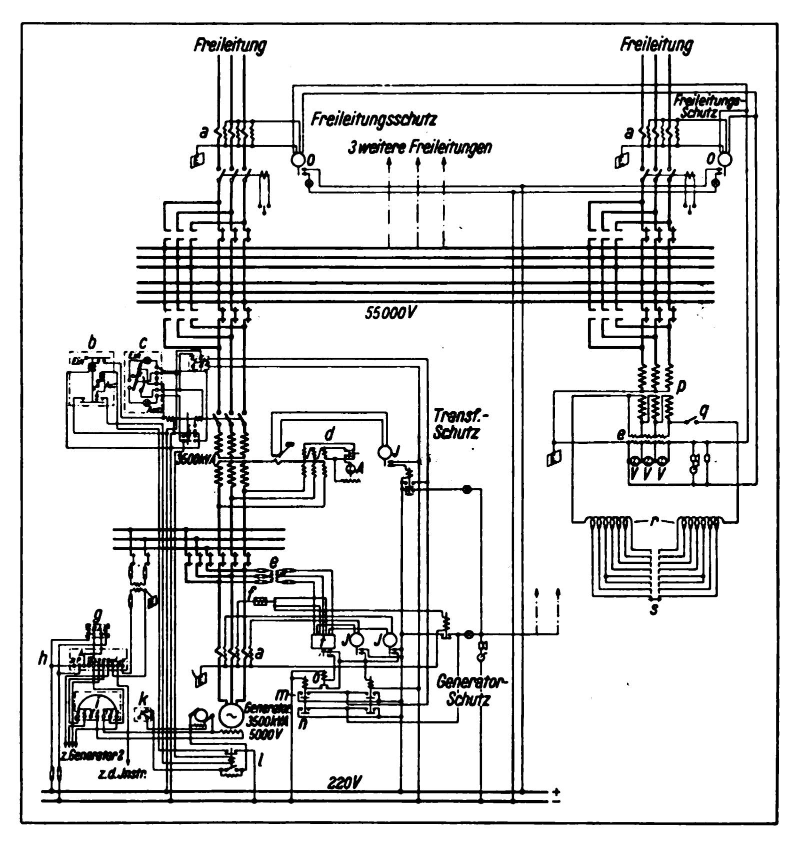


Bild 11. Schaltbild der elektrischen Schutzeinrichtungen.

a = Stromwandler
b = Blockierungsschalter
c = Steuerschalter für Ölschalter
d = Stützdrossel
e = Spannungswandler
f = Induktionswiderstand
g = Steuermotor
h = Eilregler
i = Hauptstromregler
k = Nebenschlußregler
l = Automatischer Schalter mit Feldschwächwiderstand
m = Zeitkontakt
n = Momentkontakt
o = Relais
p = Löschtransformator
q = Ölschalter
r = Regeldrossel
s = Trennschalter
t = Richtungsrelais

Mit jedem Fallen des Schalters ist gleichzeitig eine Feldschwächung des Generators verbunden, die bewirkt, daß die Maschinenspannung selbst bei plötzlichem Übergang von Vollast auf Leerlauf niemals mehr als 75 v. H. der Normalspannung beträgt.

Der Freileitungsschutz besteht aus einem von den SSW konstruierten Löschtransformator, dessen äußere Ansicht aus Bild 12 zu ersehen ist; er steht hier ebenfalls in einer geöffneten Transformatorenkammer. Die Schaltung ist folgende: Ein Transformator wird an die Sammelschienen angeschlossen, von denen die Freileitungen abgehen; in seinen Sekundärkreis ist eine Regeldrossel eingeschaltet, die bei Erdschluß induktiv den Löschtransformator auf der Primärseite so stark belastet, daß der von ihm nach Erde geschickte induktive Löschstrom die Größe des über die Erdung fließenden Erdschlußstromes hat. Da dieser Erdschlußstrom rein kapazitiv ist und infolgedessen 90° Voreilung, der induktive Strom 90° Nacheilung gegen Netzspannung hat, sind die beiden Ströme, die über die Erdschlußstelle fließen wollen, um 180° gegeneinander verschoben und heben sich auf, so daß der Erdschluß-Lichtbogen mit seinen üblen Folgen nicht zum Entstehen kommt. Da der Erdschlußstrom der eingeschalteten Netzlänge proportional ist, und diese durch Abschaltungen noch verkürzt werden kann, muß auch der induktive Löschstrom verändert werden können, was an der Regeldrossel durch Anzapfungen erreicht wird. Die Leitung, auf welcher der Erdschluß liegt, wird durch eine entsprechende Signallampe kenntlich gemacht. Zu diesem Zweck sind 3 Stromwandler in jede abgehende Leitung eingebaut, die sekundär parallel geschaltet sind (sogenannte Summenschaltung). Bei Erdschluß werden die 3 Stromwandler im

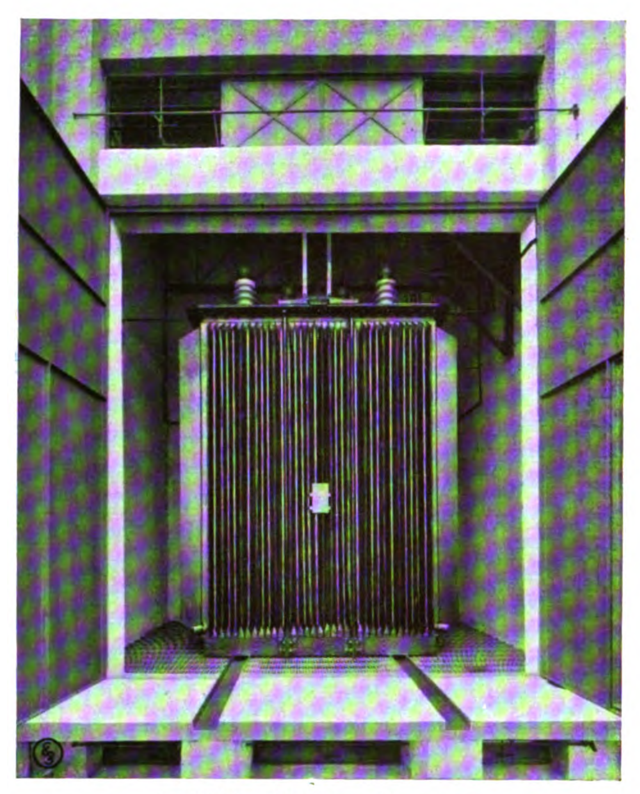


Bild 12. Löschtransformator.

gleichen Sinne von Strom durchflossen, der Strom auf der Sekundärseite summiert sich und wird über ein wattmetrisches Relais geführt, dessen Spannungsspule ihre Spannung vom Löschtransformator erhält; letztere ist nur während eines Erdschlusses vorhanden. Infolgedessen erhalten die wattmetrischen Relais der Freileitungen beim Erdschluß wohl alle Spannung, jedoch erhält nur dasjenige der beschädigten Leitung auch gleichzeitig Strom. Die Folge ist, daß nur das Relais der beschädigten Leitung seinen Kontakt schließen kann und dadurch die Signallampe zum Aufleuchten gebracht wird. Eine weitere Einrichtung am Löschtransformator, bestehend aus 3 in besonderer Weise geschalteten Voltmetern, zeigt gleichzeitig diejenige Phase an, auf der Erdschluß eingetreten ist. Der ganze Vorgang wird dem Schalttafelwärter durch ein Hupensignal zur Kenntnis gebracht.

Entwürfe und Bauleitung der Anlage.

Schließlich sei noch bemerkt, daß die Oberschwäbischen Elektrizitätswerke die Ausarbeitung sämtlicher Entwürfe für die Gebäude und Wasserbauten der Anlage Tannheim, die Prüfung der Angebote und die spätere Beaufsichtigung aller Arbeiten durch ihre eigenen Baumeister und Ingenieure vornehmen ließen.

Die Bauleitung über die von den SSW gelieferten Maschinen, Transformatoren und Apparate ließ die Geschäftsstelle Stuttgart der SSW durch ihr Ingenieurbüro Ulm ausüben.

Die Laboratoriumsanlagen der Meßinstrumentenabteilung der Siemens & Halske A.-G.

Von Dr.-Ing. Manfred Schleicher.

Jedem erfahrenen Laboratoriumsingenieur ist bekannt, daß sehr häufig der Aufbau zu einem Versuch viel mehr Zeit erfordert, als der Versuch selbst. Da nun die Versuche die in einem Speziallaboratorium ausgeführt werden, soweit es nicht sogenannte laufende Untersuchsarbeiten sind, außerordentlich vielseitig und verschieden sind, hat man sich auch bei diesen jahrzehntelang mit der langen Aufbauzeit abgefunden und sich nur bemüht, durch Einstellen reichlichen Hilfspersonals für die mechanischen Arbeiten beim Aufbauen den Zeitverlust der wissenschaftlichen Mitarbeiter der Laboratorien herabzudrücken.

Diese Art der Organisation ist sehr unvollkommen, weil ein geschickter Aufbau die eigentliche Versuchsarbeit wesentlich erleichtern und abkürzen kann, ja sogar den Wert einer Messung und ihre Genauigkeit oft ganz wesentlich zu beeinflussen vermag. Es steckt also schon in den Aufbauarbeiten meist eine nicht zu unterschätzende geistige Arbeit, die natürlich der die Versuche Ausführende leisten muß. In der Mehrzahl der Fälle besteht daher die Arbeit der Hilfskräfte nur in Handreichungen und im Herbeiholen der gewünschten Teile, sie entlasten somit den, der die Versuche ausführt, meist nur in geringem Maße.

In Industrielaboratorien, denn zu diesen zählen die zu beschreibenden Anlagen in gewisser Beziehung, da in ihnen keine Forschungsarbeit im eigentlichen Sinne, sondern Entwicklungsarbeit geleistet wird, pflegen die Aufgaben ständig zu wechseln; die Versuche erfordern meist zwar nur einen ziemlich unbedeutenden Aufbau; dieser muß aber sehr häufig geändert werden,

und die Arbeiten müssen, wie dies der Fabrikbetrieb verlangt, in einer bestimmten Zeit erledigt sein. Soll die nötige Arbeit geleistet werden, ohne daß die Zahl der Mitarbeiter zu groß wird, so müssen solche Laboratoriumsräume derart eingerichtet sein, daß der Arbeitsaufwand für das Aufbauen so klein wie möglich ist und die Versuchsbedingungen selbst so günstig wie möglich gewählt werden können, weil das die Versuchsdauer ganz wesentlich abzukürzen vermag.

Diese Erkenntnisse, Ergebnisse langjähriger Erfahrungen, hat die Siemens & Halske A.-G. bei dem Neubau der Laboratorien ihrer Meßinstrumentenabteilung nach Möglichkeit verwirklicht. Die fünf neuen Laboratorien sind etwa seit einem Jahr im Betrieb. Ihr Arbeitsgebiet umfaßt einmal die Durchbildung der elektrischen Betriebs- und Präzisions-Meßgeräte und Meßwandler, der Oszillographen, Sekundärrelais zum Schutze von Hochspannungsanlagen und sonstigen Apparate, die beim Betrieb elektrischer Anlagen und bei der Überwachung von Fabrikaten aller Art verwendet werden. Dann aber werden hier auch Apparate zum Messen aller möglichen anderen Größen entwickelt, die auf elektrischem Wege bestimmt werden, sei es, weil der Umweg über die Elektrizität einfacher zum Ziel führt oder das elektrische Meßverfahren genauer oder besonders zuverlässig ist, sei es, weil die Elektrizität als Übertragungsmittel notwendig ist. Das kann z. B. dann der Fall sein, wenn der Ort der Messung schwer zu erreichen ist oder wenn das Meßergebnis an verschiedenen Orten, die weit voneinander entfernt liegen, ablesbar sein muß. Zu diesen Apparaten gehören außer den zur Messung hoher Temperaturen bestimmten, wie Glühfadenpyrometern und Gesamtstrahlungsmessern, die zur Gasanalyse dienenden, z. B. Rauchgasprüfer und ähnliche sowie die Apparate zur Bestimmung des Salzgehaltes von Wasser, zur Messung von Drehzahlen, mechanischen Leistungen, Torsionswerten, Materialeigenschaften u. a. m.

Die Versuchsarbeiten können in der Hauptsache in zwei Gruppen eingeteilt werden: in laufende Versuchsarbeiten und in solche, die bei der Durchbildung von Apparaten auszuführen sind. Zur ersten Gruppe gehört die Prüfung der in der Fabrikation benötigten, besonders schwierig zu behandelnden Materialien wie auch die Überwachung der Fabrikate, insbesondere der der Präzisionsapparate selbst. Hierfür sind im Laboratorium Einrichtungen, mit deren Hilfe sich die Arbeiten abkürzen und erleichtern lassen, unschwer zu beschaffen und es ist schon seit langem allgemein üblich, sich ihrer zu bedienen. Sie näher zu beschreiben, ist nicht weiter interessant; sie bestehen in besonders geschickt angeordneten Meßplätzen für Eisen- und Kupferuntersuchungen der üblichen Art, in Einrichtungen zum Untersuchen von Isolierstoffen und von Metallen auf Eisenfreiheit u. a. m. Zum Überwachen der Fabrikate sind ebenfalls Arbeitsplätze vorgesehen, die für den betreffenden Fall besonders zweckmäßig eingerichtet sind.

Schwierig ist es, für die Arbeiten zur Durchbildung von Apparaten — die dazu notwendigen Arbeitsplätze und Anordnungen nehmen selbstverständlich den größten Teil der Laboratoriumsräumlichkeiten ein — die günstigsten Einrichtungen zu treffen.

Wie schon erwähnt, ist die ganze Laboratoriumsanlage in fünf einzelne Laboratorien zerlegt. Denn man kann das ganze so außerordentlich vielseitige Erzeugungsgebiet der Meßinstrumentenabteilung in fünf Gruppen zerlegen, die sich nicht nur nach den erforderlichen Spezialkenntnissen, sondern auch nach ihren Aufgaben und den auszuführenden Spezialarbeiten unterscheiden, und bei der Fünfteilung ist es möglich, jedem Mitarbeiter die geeignetsten Hilfsmittel zur schnellsten und besten Ausführung seiner Arbeiten in reichlichem Ausmaß zur Verfügung zu stellen.

Für fast jedes Laboratorium notwendig ist außer Gas und Wasser elektrische Energie der verschiedensten Stromarten, Stromstärken und Spannungen. Nichts ist so hinderlich für die Durchführung von Versuchen, wie wenn die nötige Stromart nicht zu haben ist. Jedem Elektroingenieur ist schon von der Hochschule her erinnerlich, wie unangenehm es war, wenn die Maschine, mit der man arbeiten wollte, nicht frei war. Daher wurde beim Bau der Laboratorien die Maschinen- und Akkumulatorenanlage so gut und vielseitig wie möglich ausgestattet. Ebenso reichlich ist die Leitungs- und Verteilungsanlage bemessen.

Ein zweites Mittel, elektrische Versuchsarbeiten zu erleichtern, ist die Konstanz des verwendeten Stromes: nur dann ist eine sichere Eichung in kurzer Zeit durchzuführen. Wie diese Konstanz im vorliegenden Fall erreicht worden ist, soll bei der Beschreibung des Maschinenraumes näher gezeigt werden.

Notwendig für einen guten Versuchsaufbau sind schwer gearbeitete Experimentiertische mit Hartholzplatten von geeigneter Höhe oder besser noch kräftige Wandkonsole, die an der Wand, damit sie nicht zerstoßen wird, eine Holzleiste haben müssen. Für das Ausbauen der für viele Messungen nötigen technischen Meßinstrumente empfiehlt sich eine Konstruktion, bei der das Instrument auf einem genuteten Brette befestigt ist, das sich in einen über den ganzen Tisch reichenden Bock einschieben läßt; man kann sich auf diese Weise für größere Versuchsanordnungen ganze Schalttafeln zusammenbauen, denn auch Regelwiderstände, Schalter und andere Apparate können auf solchen Einsatzbrettern befestigt werden.

Wichtig ist auch die übersichtliche Aufbewahrung der Instrumente. Die technischen Instrumente können mit ihren Befestigungsbrettern in Regale wie Bücher nebeneinander eingeschoben werden, und das gesuchte Instrument ist leicht zu finden, wenn sein Ort durch ein Schild, das seine Bezeichnungsdaten enthält, bestimmt ist. Größere Apparate und insbesondere Präzisionsinstrumente müssen in Schränken untergebracht werden. Wie ein solcher Schrank am besten eingerichtet wird, hängt natürlich wesentlich von seinem Inhalt ab. Gemeinsam sind folgende Gesichtspunkte. Er muß Glastüren haben, damit man sich stets überzeugen kann, ob in ihm Ordnung herrscht, auch soll er womöglich keine Füße haben, sondern mit der ganzen Fläche auf dem Boden stehen. Die üblichen 10 cm hohen, würfelförmigen Füße sind völlig zwecklos, denn sie ermöglichen dem Staub und Schmutz, sich unter den Schränken abzusetzen, verhindern aber wegen ihrer geringen Höhe sein Wiederentfernen mit dem Besen. Auch ist der allbekannten Tücke des Objekts ein Riegel vorgeschoben; es können sich keine Gegenstände unter den Schränken verstecken, wenn die Füße fehlen. Es ist eine bekannte Untugend in Arbeitsräumen, selten gebrauchte Gegenstände auf den Schränken unterzubringen. Das gibt solchen Räumen ein unwohnliches Aussehen. Man legt daher die oberste Fläche der Schränke am besten schräg an. Schränke dieser Bauart lassen sich, ohne das Auge zu beleidigen, sehr gut dem Charakter der Gesamtanlage anpassen.

Nicht unwesentlich für ein Laboratorium ist auch die Anordnung der Waschbecken. Sie dürfen unter keinen Umständen zu klein sein, denn in jedem Laboratorium kommen größere Reinigungsarbeiten vor, für die man Platz haben muß; ferner sollen die Becken eine nahezu ebene Grundfläche haben und möglichst ganz aus weiß emailliertem Gußeisen hergestellt sein. Zweckmäßig ist es, die Wände in der Umgebung der Waschbecken mehrfach mit Ölfarbe zu streichen, da Leimfarben zu sehr leiden. Die Handtuchhalter werden am besten mit Vorhängen versehen, damit die nicht immer einwandfreie Reinheit der Handtücher den Gesamteindruck nicht schädigt. Denn ein neuzeitliches Laboratorium soll nicht nur hell und freundlich, sondern auch stets sauber und ordentlich wirken; die Versuchsaufbauten bringen schon von sich aus genügend Unruhe in das Gesamtbild. Ein hellgrauer Ölfarbenanstrich für Schränke und Einrichtungsgegenstände ist sehr geeignet. Arbeitsflächen, wie Tischplatten und Einsatzbretter in Schränken, streicht man am besten mit mattschwarzem Wachslack. Ein solcher Anstrich klebt ein und ist fast unverwüstlich. Linoleumbelag für den Fußboden scheint immer noch das Beste zu sein. Er hat die Eigenschaft, den Raum staubfrei zu halten und wirkt genügend isolierend, was wünschenswert ist, damit nicht bei Erdschluß das Berühren jeder stromführenden Leitung gleich unangenehm wird. Als künstliche Beleuchtung ist die halbindirekte gleichmäßige Beleuchtung von sehr hoher Lichtstärke das angenehmste und bedeutet durchaus keine Verschwendung (Luzetten). Denn bekanntlich geht bei ungenügender Beleuchtung die Arbeitsleistung ganz bedeutend zurück, insbesondere an Arbeitsstellen, wo keine Arbeitsmaschine das Tempo angibt. Weiße Vorhänge und helle, womöglich mit weißer Ölfarbe gestrichene Decken lassen eine gute Beleuchtung auch ohne Aufwand allzu starker Lampen erreichen. Die Verteilung des Tageslichtes ist in

den Räumlichkeiten, in denen die Laboratorien untergebracht werden mußten, nämlich in dem Normalbau der Wernerwerke, sehr günstig. Selbst Räume von 6 bis 7 m Tiefe werden durch die sehr hohen und breiten Fenster vollkommen beleuchtet.

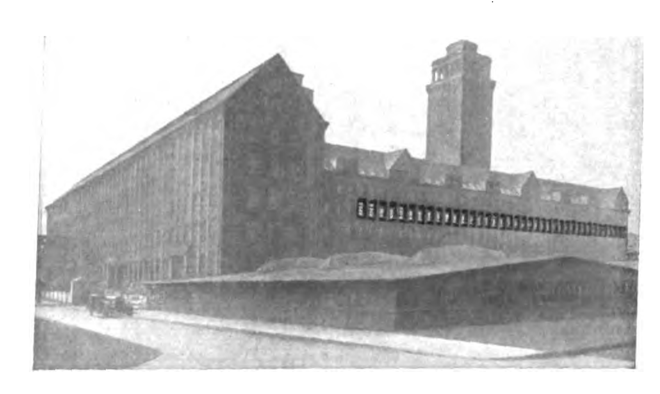


Bild 1. Nordfront des Wernerwerkes M mit den Fenstern des Laboratoriums.

Bild 1 zeigt die Nordfront des Wernerwerks M, in dem die Fenster der Laboratorien besonders hervorgehoben sind. Ein Blick auf den Grundriß der Laboratoriumsanlage (Bild 2) läßt erkennen, wie reichlich die Räume mit Fenstern ausgestattet sind. Bei diesem Vorteil nimmt man die etwas knappen Wandflächen, die sich bei dieser Bauweise ergeben, gern in Kauf, um so mehr, als an der Fensterseite mit den verhältnismäßig schmalen Flächen zum Anbringen der Anschlußtafeln und zum Befestigen von Spiegelgalvanometern auszukommen ist. Grundbedingung ist jedoch, daß solche Pfeiler genügend erschütterungsfrei sind, damit man empfindliche Meßinstrumente an ihnen anbringen kann. Neuzeitliche Spiegelgalvanometer guter Konstruktion stellen in dieser Hinsicht allerdings nur geringe Anforderungen.

Von den einzelnen Teilen der Laboratoriumsanlage soll zunächst der Maschinenraum betrachtet werden. Aus dem Grundriß (Bild 3) ist zu ersehen, wie günstig hier die baulichen Verhältnisse ausgenutzt werden konnten. Mitten durch die Kellerräume, die für den Maschinenraum zur Verfügung standen, ziehen sich die schweren Mitteltragpfeiler des Gebäudes von je 1,6 m Tiefe. Die Zwischenräume zwischen den Pfeilern wurden auf der einen Seite zum Einbau der Bedienungsschalttafeln verwendet, wogegen die andere Seite durch große Blechtüren abgeschlossen wurde, so daß zwischen beiden Wänden genügend Raum zum Unterbringen der Leitungen, Sicherungen, Anlasser und sonstiger Apparate vorhanden ist (Bild 4) und diese Teile durch die Türen trotzdem bequem zugänglich bleiben. Die Maschinen selbst wurden, wie Bild 5 zeigt, auf gemauerte Sockel gesetzt, und zwar aus zwei Gründen. Einmal, weil die Kellersohle unter dem Grundwasserspiegel liegt und Wassereinbrüche nicht außerhalb jeder Möglichkeit liegen, und zum andernmal, weil die Maschinen leichter gewartet werden können, wenn die zu wartenden Teile, wie Lager und Kollektoren, in Greifhöhe liegen. Hierauf ist gerade bei solchen Maschinen großer Wert zu legen, die konstante Spannung und Periodenzahl liefern sollen. Es genügt nicht allein, daß solche Maschinen von einer Akkumulatorenbatterie gespeist werden, um konstante oder wenigstens nur langsam sich ändernde Verhältnisse zu erreichen, sondern die Lager und ganz besonders die Kollektoren und Bürsten müssen sorgfältig gewartet werden.

Bei der Auswahl der Maschinengröße für Meßzwecke pflegt man häufig anzunehmen, daß auch die kleinsten Maschinentypen ausreichen, weil ja die Belastung durch die zu untersuchenden Meßinstrumente sehr gering ist. Diese Ansicht ist nicht immer zutreffend. Langjährige Erfahrungen haben gezeigt, daß Maschinen unter 5 kW Dauerleistung in dieser Beziehung nicht allen

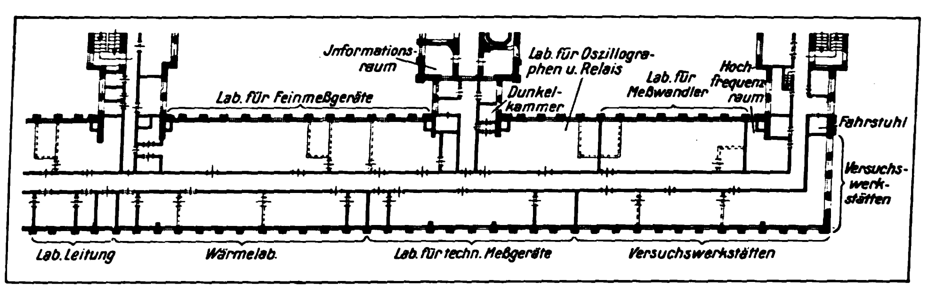


Bild 2. Grundriß der Laboratorien.

Anforderungen genügen, weil nicht nur die Belastung durch die Meßinstrumente zu berücksichtigen ist, sondern auch die durch die häufig nötigen

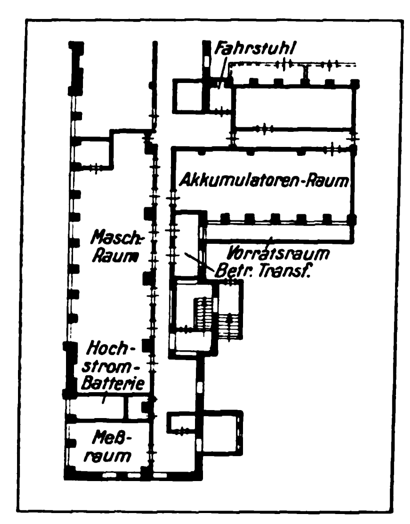


Bild 3. Grundriß der Maschinenräume.

Hilfseinrichtungen wie Widerstände, Phasentransformatoren und ähnliches mehr. Sehr häufig ist die Maschinenbelastung fast rein induktiv, und es wird auch häufig gerade in diesem Betriebszustand gleichzeitig mit ganz geringer Erregung gearbeitet. Die Folge ist eine starke Änderung der Kurvenform der Maschine, wenn ihre Leistung zu klein ist, was nicht selten bei Versuchen größter Genauigkeit die Ergebnisse fälscht oder zum mindesten unsicher macht. Aus diesem Grunde wurde keine Maschine unter 5 kW Dauerbelastung aufgestellt. Die im Maschinenraum vereinigten Maschinen liefern nicht nur die verschiedenen Stromarten für die Meßinstrumenten-Laboratorien, sondern auch für ein Laboratorium zur Entwicklung medizinischer Apparate und für ein physikalisches Laboratorium. Die 13 dort aufgestellten Maschinensätze reichen aber für den Bedarf vollkommen aus, weil die Zahl der Umschaltemöglichkeiten, wie später gezeigt werden soll, sehr groß ist. Allgemein kann in diesem Maschinenraum jede Periodenzahl von 3 bis 500 erzeugt werden.

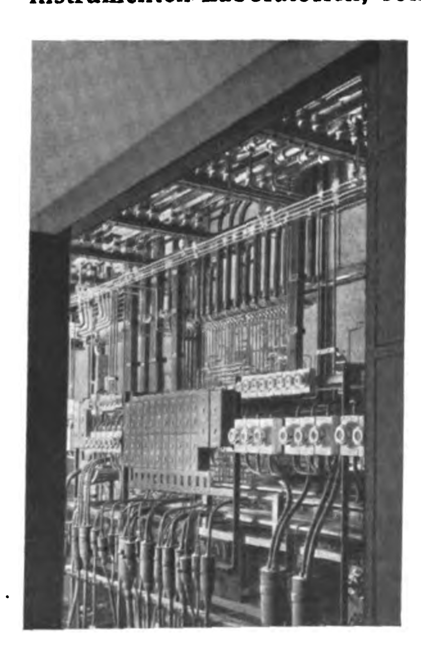


Bild 4. Ansicht eines Schaltfeldes von hinten, Schutztüre geöffnet.

Ferner sind noch an Gleichstrommaschinen außer der Lademaschine für die Sammlerbatterien

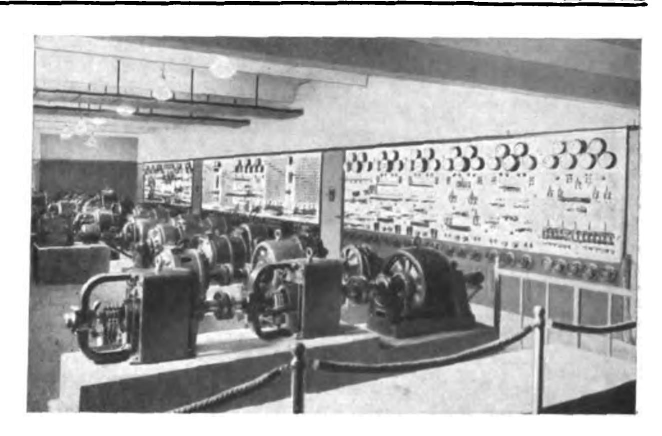


Bild 5. Der Maschinenraum.

eine Hochstrommaschine für 100 A, 25 V und eine Hochspannungsmaschine für 1000 V Gleichspannung vorhanden. Auch einige Spezialmaschinen mögen noch erwähnt werden. Ein gewöhnlicher Drehstrommaschinensatz für 35 kW 50 Per hat einen Synchrongenerator, dessen Ständerwicklung an vielen Stellen angezapft ist. Dies ist geschehen, um die Vorgänge bei inneren Kurzschlüssen und Gestellschlüssen an einer Maschine zu studieren und auf Grund dieser Untersuchungsergebnisse Generatorschutzschaltungen zu schaffen. Ein anderer Maschinensatz besteht aus einem Gleichstrommotor, der mit je einem Synchrongenerator für 50, 150, 250 Per gekuppelt ist. Die Ständer dieser Maschinen können von Hand verstellt werden. Durch Zusammenschalten dieser Maschinen, die für möglichst gute Sinusform der Spannungswelle gebaut sind, läßt sich jede beliebige Spannungskurve herstellen. Die Maschine dient dazu, die Abhängigkeit gewisser zu entwickelnden Meßinstrumente von der Kurvenform zu bestimmen. Bei zwei anderen Maschinensätzen, die aus einem Gleichstrom-Nebenschlußmotor und zwei konstruktiv zusammengebauten Synchrongeneratoren bestehen, kann an einem von ihnen der Ständer gegen den der anderen Maschine durch einen Hilfsmotor oder von Hand verdreht werden. Speist man bei einem Meßgerät mit Strom- und Spannungsspule die eine Spule von der einen, die andere von der anderen Maschine, so kann man durch Drehen des Ständers jede beliebige Phasenverschiebung erzeugen. In diesem Maschinenraum ist noch ein Glasverschlag für den Maschinisten eingebaut. Hier sind auch die nötigen Werkzeuge und eine Werkbank für kleinere Reparaturen untergebracht.

Da durch die Verteileranlage, die sich im Maschinenraum befindet, außer den Maschinenströmen auch die Akkumulatorenströme verteilt werden, soll zunächst der Akkumulatorenraum beschrieben werden. Seine Lage ist aus dem Grundriß, Bild 3, zu ersehen, eine Teilansicht gibt Bild 6. Wie die Maschinen, so soll man auch die Batterien nicht zu klein wählen. Der Raum enthält eine Spannungsbatterie, bestehend aus 600 Zellen und 36 Ah Kapazität, einer von 2 zu 2 V unterteilten Strombatterie von 40 Zellen und 378 Ah Kapazität und zwei sogenannten Leistungsbatterien von je 220 V und 216 Ah Kapazität. Außerdem ist noch Platz für eine dritte solche Batterie vorgesehen. Diese Batterien dienen zum Betriebe der Maschinen, wenn sie für besonders genaue Arbeiten verwendet werden, während sie für normale Arbeiten von dem Gleichstromnetz der Fabrikzentrale betrieben werden. Um auch bei Netzbetrieb möglichst frei von den Schwankungen des Spannungsabfalls in den Zuleitungen zu sein, ist für den Laboratoriumsbetrieb ein besonderes Kabel zur Zentrale gelegt.

Die Lademaschinen, die ebenfalls im Maschinenraum aufgestellt sind, werden von Drehstrom-Asynchronmotoren angetrieben, um das Gleichstromnetz nicht unnötig zu belasten, und weil für den Ladebetrieb keine Drehzahlreglung wie für den Versuchsmaschinenbetrieb nötig ist.

Die Leitungen im Akkumulatorenraum sind mit Ölfarbe bestrichen und auf reichlich bemessenen Isolatoren verlegt. Auch die Wände des Raumes sind mit weißer Ölfarbe gestrichen, und der Fußboden ist mit hartgebrannten Klinkern belegt, die Fugen sind mit Asphalt ausgegossen. Die Entlüftungsstellen sind oben und unten im Raum verteilt angeordnet. Die Dämpfe werden von einem Ventilator abgesaugt. In einem Vorraum sind die Säureballons und Reserveteile untergebracht. Die Säureballons können von außen durch einen Kran hereingegeben werden, um zu vermeiden, daß beim Platzen eines Ballons auf dem Transport durch die Gänge oder mit den Fahrstühlen der Fabrik diese beschädigt werden.

Ein Wasseranschluß mit Schlauch ist vorgesehen, um den Akkumulatorenraum reinspritzen zu können, falls einmal eins der Zellengläser platzen sollte.

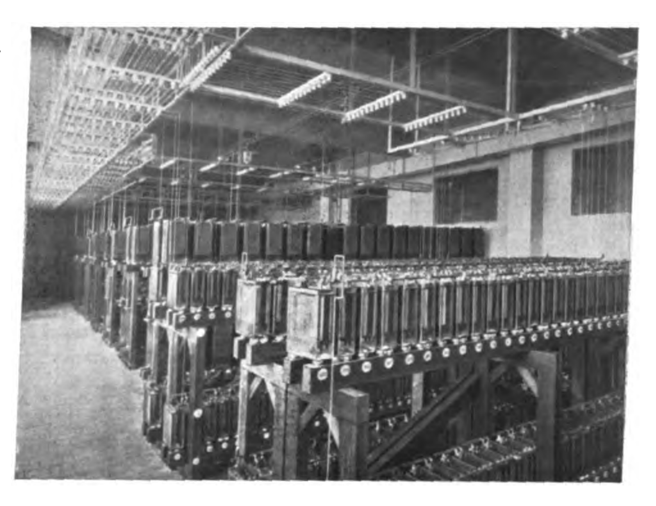


Bild 6. Der Akkumulatorenraum.

Außer diesem Akkumulatorenraum gehören zu den Laboratorien noch zwei weitere. Der eine befindet sich ebenfalls im Keller und dient dazu, Ströme bis 12000 A bei 2 V zum Eichen großer Nebenschlüsse zu erzeugen, der andere befindet sich in der Nähe des Präzisions-Gleichstromkompensators, von dem noch die Rede sein soll. Diese Dezentralisation war nötig, einmal, weil man die sehr starken Ströme nicht weit fortleiten kann, und zum andernmal, weil für Messungen höchster Genauigkeit Änderungen des Spannungsabfalls in längeren Zuleitungen ein schnelles Arbeiten nicht zulassen.

Die Schaltanlage wie auch die Verteileranlage befinden sich an den beiden Längswänden des Maschinenraumes. Fast sämtliche Maschinen können in allen Laboratoriumsräumen gebraucht werden, während die Verwendung gewisser Maschinen auf ein bestimmtes Arbeitsgebiet beschränkt ist. Hierbei handelt es sich um eine Umschaltung auf wenige Leitungen, was durch Hebelumschalter oder Laschenumschalter geschehen kann. Durch geschickte Schaltung, und zwar durch Vielfachschalter, die mittels eines Handgriffes zu bedienen sind, ist auch erreicht worden, daß man die Fernregeleinrichtungen für Spannung, Drehzahl und Phasenverschiebung zwischen zwei gekuppelten Maschinen von 3 und 4 Stellen aus betätigen kann. Der Vorteil dieser Schaltart ist der, daß ein Irrtum beim Schalten unmöglich ist. Es könnte Bedenken erregen, die Felderregung eines Nebenschlußmotors über eine 200 m lange Leitung anzuschließen, wie es im vorliegenden Falle nötig war, weil eine ungewollte Unterbrechung der

Leitung den Motor zum Durchgehen bringen kann. Da es sich aber bei der Drehzahlreglung in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle darum handelt, eine Periodenzahl in geringen Grenzen zu ändern, oder gar nur, sie genau konstant zu halten, läßt sich durch eine einfache Maßnahme jede Gefahr beseitigen. Man stellt den Nebenschlußregler im Maschinenraum auf die höchstzulässige Drehzahl, legt zu diesem einen zweiten Regelwiderstand, der sich am Meßplatz im Laboratorium befindet, parallel und drückt mit dem letztgenannten die Maschinendrehzahl auf den gewünschten Betrag herab. Tritt jetzt in der Leitung des letztgenannten Reglers eine Unterbrechung auf, so kann die Maschine keine bedenkliche Drehzahl annehmen.

Die Maschinen- und Akkumulatorenströme für den allgemeinen Bedarf werden durch ein Schienensystem mit Doppel-Preßkontaktstöpseln verteilt und nach Bedarf auf die verschiedenen Leitungen umgeschaltet. Diese Stöpsel haben den Vorzug, daß der Strom nicht über Gewinde geleitet wird und daß ihr Übergangswiderstand außerordentlich gering ist. Verwendet sind Schienensysteme für 70 und für 200 A Nennstrom. Eine Erwärmung tritt bei diesen Strömen noch nicht ein. Da man nicht weiß, ob der Verbraucher, der Strom verlangt hat, seine Apparate schon an die Abnahmeleitung angeschlossen hat und man mit den Stöpseln nicht unter Strom schalten darf, sind die Zuführungsschienen nochmals mit Schaltern versehen, die erst eingelegt werden, nachdem der Stöpsel ordnungsgemäß festgezogen ist. Hebelschalter gewöhnlicher Art haben häufig schnell schwankende Übergangswiderstände, die sich zwar nicht bei normalen Spannungen von 50 V aufwärts, wohl aber bei niedrigeren Spannungen (2 bis 20 V) schon bei Arbeiten mittlerer Genauigkeit sehr unangenehm bemerkbar machen können. Deswegen sind die Tafeln, die diese niedrigen Akkumulatorenspannungen verteilen, mit besonders konstruierten Bürstenhebelschaltern ausgerüstet, die diese Eigenschaft der normalen Hebelschalter nicht aufweisen.

Es wäre unmöglich, die Verteilertafel so einzurichten, daß man an ihr alle Umschaltungen für sämtliche Anschlußtafeln der Laboratorien — es sind 70 Stück — vornehmen kann. Man ist deshalb dazu übergegangen, von der Verteilertafel aus eine Anzahl Leitungen nach jedem Laboratorium zu ziehen und dort nochmals eine Unterverteilungstafel aufzustellen, von der aus dann, ebenfalls durch Doppel-Preßkontaktstöpsel, die Ströme nach den einzelnen Abnahmepunkten weiterverteilt werden. Die Zahl, Art und Querschnitte der Leitungen sind selbstverständlich dem voraussichtlichen Bedarf des Laboratoriums angepaßt. Wie im Maschinenraum, so sind auch in den Laboratorien diese Verteilertafeln in die Wände eingebaut, wie aus verschiedenen Bildern zu ersehen ist. Man spart auf diese Weise wesentlich an Platz und gewinnt an gutem Aussehen der Räume. Für sämtliche Leitungen von 16 mm² aufwärts sind auf Eisengestellen frei gespannte Panzeraderleitungen verwendet, für schwächere Leitungen in Rohr verlegte Gummiaderleitungen, die auf denselben Eisengestellen untergebracht sind. Auf verschiedenen Bildern ist diese sehr sauber ausgeführte Montage zu erkennen. Kreuzungen konnten dadurch vermieden werden, daß vorher sorgfältig durchdachte Montageschaltbilder angefertigt wurden. Dadurch, daß man durch Hinterlegen mit Holzkeilen verschiedener Stärke die Rohre oder Leitungen der verschiedensten Querschnitte auf gleiche Höhe brachte, für die Rohre gute Biegeschablonen anfertigte und Gestelle und Leitungen mit einem weißen Ölfarbenanstrich versah, hat die Leitungsanlage ein sehr gefälliges Aussehen erhalten. Grundsätzlich hätte man diese Verlegungsart auch im Maschinenraum für die Ableitungen von den Maschinen verwenden können, doch hätte dies bei 13 Maschinensätzen, die je aus zwei bis drei Maschinen bestehen, einen solchen Wald von Leitungen und Gestellen ergeben, daß man hier von dieser Leitungsausführung absah und zu Bleikabeln in Bodenkanälen überging.

Wie schon erwähnt, liegt der Maschinenraum im Keller, und die eigentlichen Laboratoriumsräume befinden sich im dritten Stock des Wernerwerks M. Aus verwaltungstechnischen Gründen mußten die Laboratorien zwischen den Verkehrsbüros und den Fabrikationswerkstätten der Abteilung untergebracht werden. Der Grundriß, Bild 2, zeigt, daß der Laboratoriumskomplex ein einheitliches Ganzes bildet. Die fünf Laboratorien sind so angeordnet, daß diejenigen von ihnen, die miteinander am häufigsten zu tun

haben, möglichst bequem miteinander verkehren können. Wie das Relais- und das Wandlerlaboratorium in einem engen gegenseitigen Austausch der Gedanken und der Untersuchungsergebnisse stehen müssen, haben das Wärme- und das Feinmeßlaboratorium viele Probleme gemeinsam zu bearbeiten. Hochfrequenzuntersuchungen wieder kommen im Wandlerlaboratorium wie in dem für technische Meßgeräte vor; deshalb ist der Raum für solche Messungen so gelegt, daß er von beiden Laboratorien aus leicht zu erreichen ist. Denn man darf nicht vergessen, wieviel Zeit in den langen Gängen bei dem lebhaften Verkehr verlaufen wird, wenn man die Räume nicht günstig anordnet. Auch die Versuchswerkstätten, in denen 30 Mechaniker unter der Leitung zweier Meister damit beschäftigt sind, die Versuchsapparate zur Entwicklung neuer Typen herzustellen, konnten, wie aus dem Grundriß zu ersehen ist, so gelegt werden, daß ein enges Zusammenarbeiten mit den Laboratorien möglich ist. Schon anfänglich wurde das Arbeitsgebiet der Laboratorien in großen Zügen umrissen, und das gab einen ungefähren Begriff von der Vielgestaltigkeit der Apparate, die erprobt und beurteilt werden müssen.

(Schluß folgt.)

Asynchronmotoren mit Kurzschlußläufer für hohes Anlaufmoment und niedrigen Anlaufstrom

Von Dr.-Ing. M. Liwschitz.

(Schluß.)

III. Motoren mit Wirbelstromläufer.

Die Wirkung des Wirbelstromläufers beruht auf der bekannten Erscheinung, daß in den Leitern der elektrischen Maschine durch die Wirkung des Streuflusses, den der die Leiter durchfließende Wechselstrom erzeugt, Wirbelströme entstehen, die den Strom auf einen Teil des Leiterquerschnittes zusammendrängen; der Widerstand des Leiters erscheint dadurch vergrößert. Die Stromverdrängung und somit die Widerstandsvermehrung sind um so größer, je größer die Periodenzahl des Stromes und die Höhe des Leiters sind. Durch passende Wahl der Leiterhöhe hat man es also in der Hand, die gewünschte Widerstandserhöhung der Läuferwicklung zu erhalten [1]).

Einen derartigen Motor mit hohen Läuferstäben für eine Leistung von 13 kW bei n = 1440 Umdr/min zeigt Bild 13. Die Stäbe ragen über die Kurzschlußringe als Luftflügel heraus.

Während man im Ständer der Synchron- und auch der Asynchronmaschine die Widerstandserhöhung, mit Rücksicht auf die durch sie bedingte Erhöhung der Verluste, durch entsprechende Anordnung und Unterteilung der Wicklung zu vermeiden sucht, macht man sich diese demnach im Läufer der Asynchronmaschine, wo die erhöhten Verluste für den Anlauf gerade erwünscht sind, zunutze.

Bild 14a zeigt eine Nut mit einem hohen Leiter. Unter der Annahme gleichmäßiger Verteilung des Stromes über den ganzen Leiterquerschnitt ist der Streufluß eingezeichnet. Greift man irgendwelche 2 Kraftlinien, z. B. 1 und 2, heraus, so ist diejenige mit dem größeren Strom verkettet, welche näher zu der Nutenöffnung liegt, also in Bild 14a die Kraftlinie 2. Die

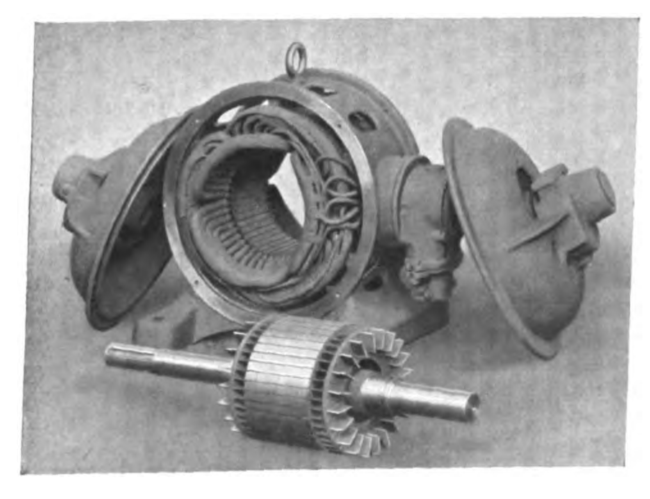


Bild 13. Motor mit Wirbelstromläufer, Nennleistung 13 kW, 380 V, n = 1440 Umdr/min.

Kraftliniendichte des Streuflusses, die dem von den Kraftlinien umfaßten Stromvolumen proportional ist, nimmt daher nach der Nutenöffnung

[1]) Auf die Zweckmäßigkeit der Verwendung tiefer Läufernuten für den Anlauf hat zuerst L. D. Jones hingewiesen. Die theoretische wie praktische Durchbildung des Wirbelstromläufers rührt von R. Rüdenberg her.

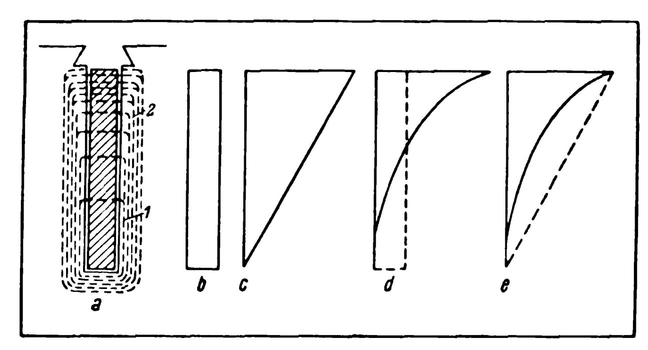


Bild 14. Verteilung der Stromdichte und des Streuflusses beim Wirbelstromläufer.

hin zu, und zwar proportional mit der Höhe des vom Nutengrund aus gemessenen Leiterteiles. In Bild 14b und c ist die Verteilung sowohl der Stromdichte wie der Kraftliniendichte des Streuflusses eingetragen. Da die Stromdichte für den ganzen Leiterquerschnitt als konstant angenommen wurde, so wird ihre Verteilung durch ein Rechteck, die Verteilung des Streuflusses unter dieser Annahme dagegen durch ein Dreieck dargestellt. Während die Fläche des Rechtecks (Bild 14b) ein Maß für den gesamten durch den Leiter fließenden Strom ist, ist die Fläche des Dreiecks (Bild 14c) ein Maß für den gesamten Streufluß der Nut.

Der Streufluß ändert seine Größe mit dem Strom. Ist der Momentanwert des Stromes gleich 0, so ist auch der Streufluß gleich 0, ist der Strom im Maximum, so ist auch der Streufluß im Maximum, d. h. die Anzahl der mit den einzelnen Leiterteilen verketteten Kraftlinien ändert ihren Wert im gleichen Takt mit dem Strom. Dies verursacht, daß im Innern des Leiters Wirbelströme induziert werden, und zwar von solcher Richtung, daß der Leiterstrom am Nutengrund geschwächt, an der Nutenöffnung gestärkt wird; der ganze Strom wird dadurch auf den Leiterteil, der in der Nähe der Nutenöffnung liegt, konzentriert. Da die Wirbelströme um so größer sind, je größer die Periodenzahl der Pulsationen des Streuflusses (Periodenzahl des Stromes) ist, so wird bei höherer Frequenz die Verteilung der Stromdichte nicht nach einer Rechteckkurve, sondern nach einer Kurve wie in Bild 14d erfolgen, und dem entspricht eine Verteilung des Streuflusses nach Bild 14e. Die Fläche in Bild 14e ist kleiner als die in Bild 14c, d. h. der Streufluß wird infolge der Stromverdrängung kleiner: Die Stromverdrängung ruft also neben der Widerstandsvermehrung eine Induktivitätsverminderung hervor[1]).

Ist die Periodenzahl des Stromes gering, so machen sich die Wirbelströme, die die Änderung des Streuflusses hervorrufen, nicht bemerkbar. Dies ist der Fall im Lauf des Motors mit Nenndrehzahl, wo die Periodenzahl seiner Läuferströme gleich der Schlupfperiodenzahl, also bei 50 Per/s im Ständer etwa gleich 3 bis 1 Per/s ist. Anders ist es im Anlauf. Im Stillstand ist die Periodenzahl der Läuferströme gleich der Netzperiodenzahl, mit zunehmender Drehzahl nimmt die Relativgeschwindigkeit zwischen dem Drehfeld und den Läuferstäben und infolgedessen auch die Periodenzahl der Läuferströme ab. Die Stromverdrängung und somit die Widerstandsvermehrung ist also beim Wirbelstromläufer am größten im Stillstand und nimmt mit zunehmender Drehzahl ab. Wie aus dem unter A Gesagten hervorgeht, entspricht dies den Verhältnissen, wie sie beim Anlassen eines Schleifringläufermotors vorliegen.

Bei größeren Nutentiefen erhält man eine größere Widerstandserhöhung, wenn man den Leiter nicht einteilig macht, sondern ihn in der Höhe unterteilt. Eine einfache Unterteilung ist jedoch nicht zulässig, da in den an verschiedenen Stellen der Nut liegenden Leiterteilen verschieden große elektromotorische Kräfte induziert würden, die Ausgleichströme zwischen den einzelnen Teilleitern hervorrufen würden. Um dies zu vermeiden, muß man dafür sorgen, daß jeder Teilleiter in allen Höhenlagen innerhalb der Nut vertreten ist. Bild 15 zeigt einen Läufer mit derart unterteilten Leitern. Er kann z. B. in der Weise hergestellt werden, daß man ein Rohr, dessen Durchmesser und Wandstärke dem nötigen Leiterquerschnitt entsprechen, flach preßt und durch schräge Sägeschnitte in die gewünschte Anzahl spiralförmig parallellaufender Teilleiter aufschneidet. Die beiden Seiten des flachgepreßten Rohres werden gegeneinander wie gegen die Nutenwandungen durch dünne Glimmerzwischenlagen isoliert.

[1]) Die grundlegenden Arbeiten über die Widerstandsvermehrung und Induktivitätsverminderung bei elektrischen Maschinen stammen von: A. B. Field, Americ. Proceed. 1905; F. Emde, E. & M. 1908, 1909; W. Rogowski, Arch. f. El. Bd. II; R. Rüdenberg, E. T. Z., 1918.

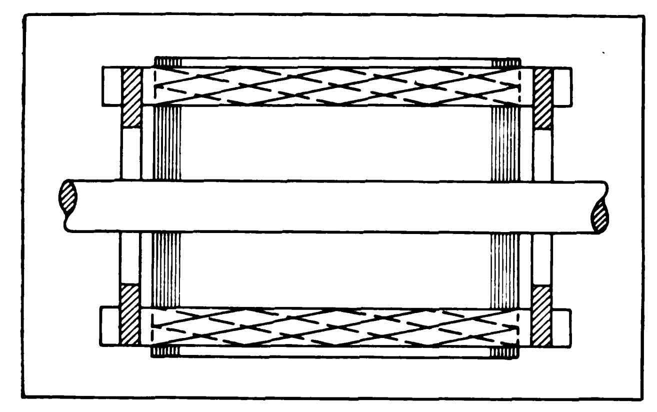


Bild 15. Wirbelstromläufer mit zweifach unterteiltem Stab.

Den Zusammenhang zwischen der Leiterhöhe, Periodenzahl und der Widerstandsvermehrung für einen nicht unterteilten Leiter (m = 1), 2fach unterteilten (m = 2), 3fach unterteilten (m = 3) und 4fach unterteilten Leiter (m = 4) zeigt Bild 17. Auf der Ordinatenachse ist der Faktor k_1 aufgetragen, mit dem der Ohmsche Widerstand multipliziert werden muß, um den erhöhten Widerstand des in der Nut liegenden Leiterstückes zu erhalten. Auf der Abszissenachse ist die sogen. numerische Nutentiefe[1]) T aufgetragen. Diese hängt mit der Periodenzahl f, den Nuten- und Leiterabmessungen in cm durch folgende Beziehung zusammen:

$$T = 2\pi\, t_k \sqrt{\frac{b_k}{b_n} \frac{f}{s}}.$$

Die Bedeutung der Größen t_k, b_k und b_n geht aus Bild 16 hervor. Auch beim unterteilten Stab bedeutet t_k die gesamte Kupferhöhe. s ist der spezifische Widerstand des Kupfers in absol. Einheiten (für warmes Kupfer = 2000). Bei 50 Per/s (f = 50) wird T angenähert gleich der Kupferhöhe t_k, also auch der Nutentiefe. Da bei dem nicht unterteilten Leiter k_1 von T = 2 ab gleich T ist, so ist bei 50 Per/s für ihn k_1 angenähert gleich der Kupferhöhe in cm. Bei numerischen Nutentiefen T zwischen 3,2 und 5,5 gibt der zweifach unterteilte Stab eine größere Widerstandsvermehrung als der nicht unterteilte Stab. Für Werte von T über 5,5 ist mit Rücksicht auf die Widerstandsvermehrung der Stab 3fach bzw. 4fach zu unterteilen.

Den Zusammenhang zwischen der Induktivitätsverminderung und der numerischen Nutentiefe zeigt Bild 18. Auf der Ordinatenachse ist der Faktor k_2 aufgetragen, mit dem die Induktivität des in der Nut liegenden Leiterstückes multipliziert werden muß, um die infolge der Stromverdrängung verkleinerte Induktivität zu erhalten. Die Induktivitätsverminderung ist um so größer, je weniger der Leiter unterteilt ist, also am größten beim nicht unterteilten Leiter.

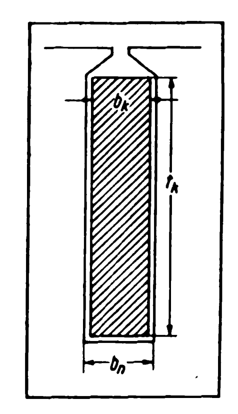


Bild 16.

Das Stromdiagramm eines Motors für 12 kW und n = 1000 Umdr/min zeigt Bild 19. Man erhält es, indem man den Motor verschiedenen Belastungen unterwirft, die dabei vom Ständer aufgenommenen Ströme bzw. die zugehörigen Leistungsfaktoren mißt und die Ströme unter den den Leistungsfaktoren entsprechenden Phasenwinkeln gegen die Ordinatenachse aufträgt. Die zu den Strömen gehörigen Drehzahlen sind in Bild 19 ebenfalls eingetragen. Bei größeren Drehzahlen ist die Läuferfrequenz gering, die Stromverdrängung macht sich nicht bemerkbar, und das Stromdiagramm verläuft wie beim gewöhnlichen Kurzschluß- und auch Schleifring-

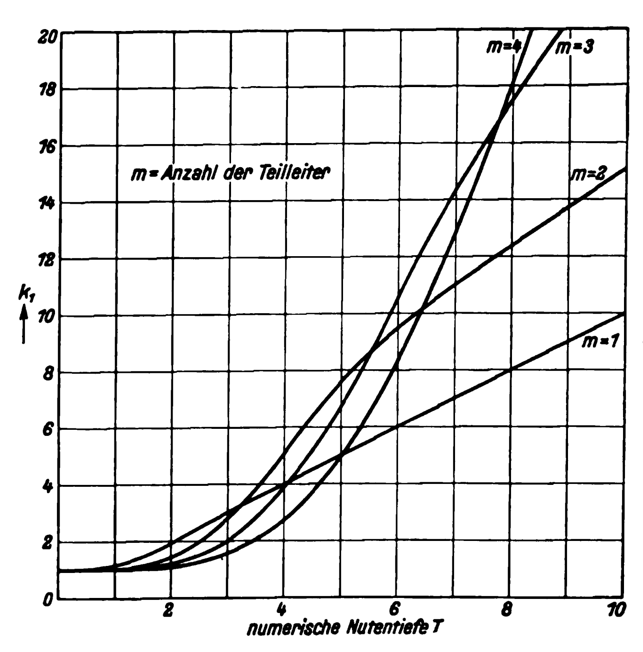


Bild 17. Widerstandsvermehrung in Abhängigkeit von der numerischen Nutentiefe.

läufermotor nach einem Kreis. Bei kleineren Drehzahlen, also größeren Schlüpfen macht sich sowohl die Induktivitätsverminderung wie die

[1]) Siehe Rüdenberg, oben erw. Aufsatz.

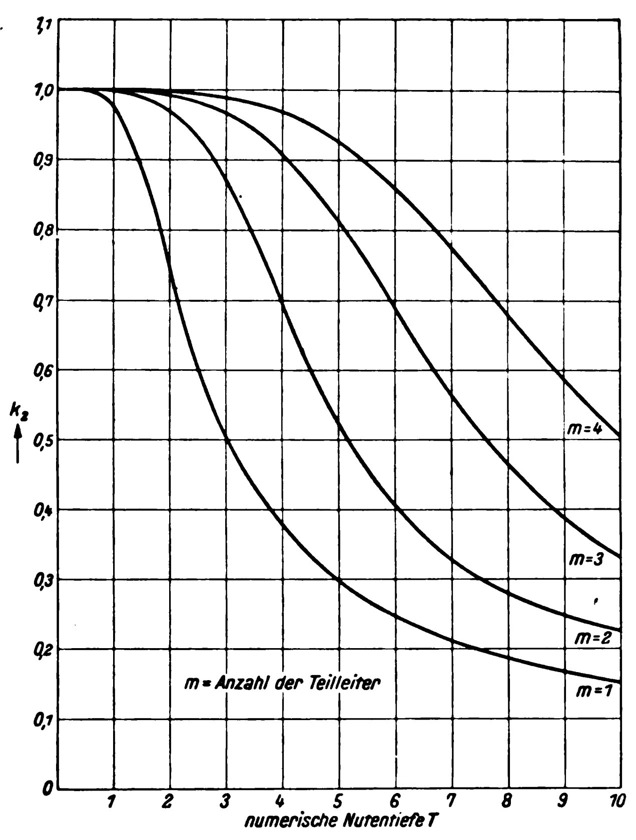


Bild 18. Induktionsverminderung in Abhängigkeit von der numerischen Nutentiefe.

Widerstandsvermehrung bemerkbar. Die Induktivitätsverminderung bewirkt, daß das Stromdiagramm nicht mehr nach einem Kreis, sondern nach einer nach oben abbiegenden Kurve ver-

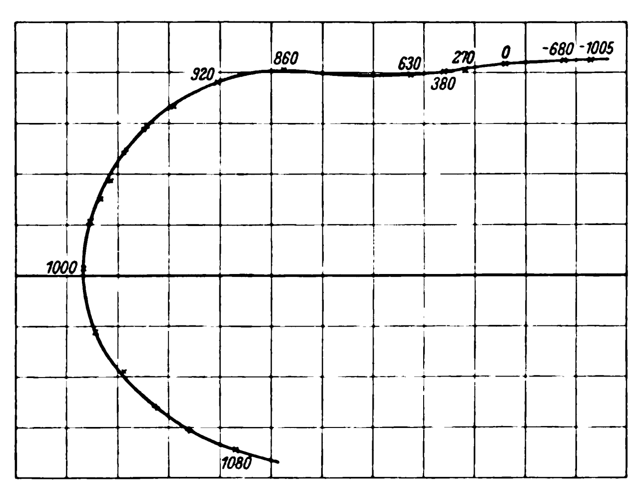


Bild 19. Stromdiagramm eines Motors mit Wirbelstromläufer, Nennleistung 12 kW, n = 1000 Umdr/min.
Maßstab: 1 mm = 1 A.

läuft. Die Drehmomentenkurve und die Stromkurve dieses Motors zeigt Bild 20. Das Anlaufmoment beträgt das 1,4fache des Nennmomentes,

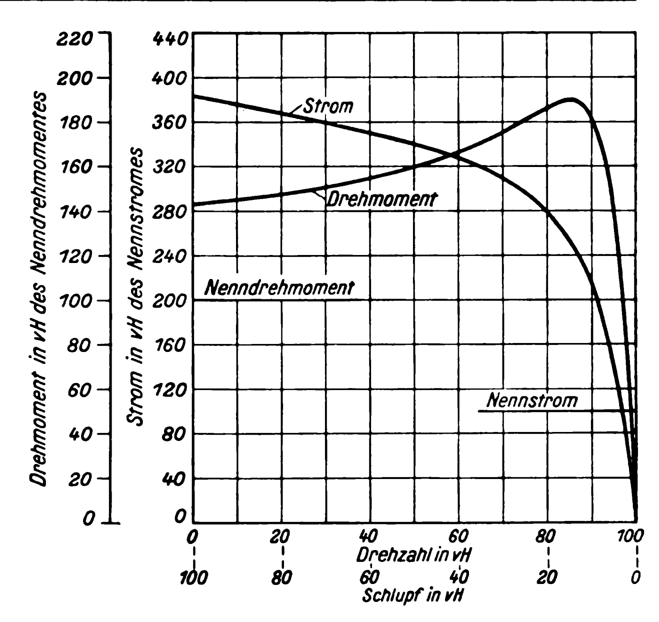


Bild 20. Drehmomenten- und Stromkurve eines Motors mit Wirbelstromläufer, Nennleistung 12 kW, n = 1000 Umdr/min.

der Anlaufstrom das 3,8fache des Nennstromes. Der verhältnismäßig große Leerlaufstrom ist bedingt durch den vergrößerten Luftspalt, den dieser Motor erhalten hat.

Die Bilder 21a und b zeigen oszillographische Aufnahmen des Ständerstromes beim Anfahren ohne (a) und mit Last (b). Die Größe des Anlaufstromes ist hier wie bei allen Kurzschlußläufermotoren unabhängig von der Last und ist nur durch die Ohmschen Widerstände und Streublindwiderstände der Ständer- und Läuferwicklung bestimmt. Während des Hochlaufens ist der Wirbelstromläufermotor als Kurzschlußläufermotor gezwungen, die ganze Drehmomenten- bzw. Stromkurve (Bild 20) zu durchlaufen. Je größer jedoch die Last, die der Motor während des Hochlaufens durchzuziehen hat, desto länger dauert der Anlauf und desto länger hält der Anlaufstrom an (Oszillogramm b). Auf den ersten Stromstoß, der beim Einschalten auftritt, kommen wir noch im Abschnitt C zurück.

Durch entsprechende Bemessung der Läuferwicklung kann erreicht werden, daß das Anlaufmoment größer als das 1,4 fache Nennmoment wird und die Drehmomentenkurve einen ähnlichen Verlauf wie beim Boucherotmotor (Bild 9) bekommt[1]). Dies geht aber sowohl auf Kosten des Leistungsfaktors wie des Anlaufstromes: der

[1]) Vgl. Rüdenberg, oben erw. Aufsatz (Abb. 33).

erste wird dann kleiner, der zweite größer als beim Verhältnis $\frac{M_a}{M_n} = 1{,}4$. Da für die allermeisten Antriebe das 1,4 bis 1,5 fache Anlaufmoment genügt, so erscheint es zweckmäßig, die Motoren für dieses Moment zu bemessen und nicht des höheren Momentes wegen den Anlaufstrom zu vergrößern bzw. den Leistungsfaktor zu verkleinern.

Anlauf ohne Last.

Anlauf mit Last.

Bild 21. Anlaufstrom, Motor mit Wirbelstromläufer, Nennleistung 12 kW, n = 1000 Umdr/min.

Das gemessene Verhältnis des Anlaufstromes zum Nennstrom $\frac{J_a}{J_n}$ bzw. des Anlaufmomentes zum Nennmoment $\frac{M_a}{M_n}$ für Motoren mit Wirbelstromläufer der Drehzahl n = 1000 zeigt Bild 22. Die gestrichelten Linien geben die Werte von $\frac{J_a}{J_n}$ bzw. $\frac{M_a}{M_n}$ an, die nach den Normen des VDE für Kurzschlußläufermotoren gewöhnlicher Bauart (mit Rundstäben oder Ovalstäben) sonst gleicher Drehzahl und Leistung zulässig sind. Während für einen Motor von 10 kW Leistung nach den VDE-Normen bei einem Anlaufmoment, das gleich dem 1,25 fachen Nennmoment ist, der 6,4 fache Nennstrom als Anlaufstrom zulässig ist, hat der 10 kW-Motor mit Wirbelstromläufer das 1,45 fache Anlaufmoment beim 3,8 fachen Nennstrom als Anlaufstrom. Noch größer ist der Unterschied bei Motoren größerer Leistung. Für den 22 kW-Motor ist nach den VDE-Normen bei einem Anlaufmoment, das gleich dem 1,0 fachen Nennmoment ist, der 7,2 fache Nennstrom als Anlaufstrom zulässig. Der Motor mit Wirbelstromläufer gleicher Leistung hat das 1,4 fache Anlaufmoment beim nur 4 fachen Anlaufstrom, also 40 v. H. mehr Anlaufmoment bei etwa 45 v. H. weniger Anlaufstrom.

In Bild 23 sind die Werte von $\frac{J_a}{J_n}$ bzw. $\frac{M_a}{M_n}$ nach den VDE-Normen gleich 100 v. H. gesetzt und die für Motoren mit Wirbelstromläufer sich auf Grund von Bild 22 ergebenden Mittelwerte von $\frac{J_a}{J_n}$ und $\frac{M_a}{M_n}$ in Prozent der VDE-Werte aufgetragen. Wie aus diesem Bild hervorgeht, hat der Wirbelstromläufer den Vorteil, daß bei

Bild 22. Anlaufströme und Anlaufmomente von Motoren mit Wirbelstromläufer, n = 1000 Umdr/min.

einem Anlaufstrom, der nur 60 v. H. des Anlaufstromes des gewöhnlichen Kurzschlußläufer-

motors beträgt, das Anlaufmoment 20 bis 40 v. H. größer ist als beim gewöhnlichen Kurzschlußläufermotor.

Bild 24 und 25 zeigen dieselben Größen wie Bild 22 und 23, jedoch für n = 1500 Umdr/min. Wie aus diesen Bildern ersichtlich, liegen bei n = 1500 Umdr/min die gemessenen Werte des Anlaufmomentes noch höher als bei n = 1000 Umdr/min, so daß bei 1500 Umdr/min der Wirbelstromläufer im Vergleich zum Kurzschlußläufer gewöhnlicher Ausführung noch größere Vorteile bringt als bei 1000 Umdr/min.

Noch deutlicher wird der Vergleich zwischen dem Wirbelstromläufer und dem Kurzschlußläufer gewöhnlicher Bauart entsprechend den VDE-Normen, wenn man in Bild 23 (oder in Bild 25) die beiden Ausführungen auf gleiche Anlaufströme oder gleiche Anlaufmomente bezieht. Da das Anlaufmoment dem Anlaufstrom proportional gesetzt werden kann, so braucht man in Bild 23 das Verhältnis $\frac{M_a}{M_n}$ durch das Verhältnis $\frac{J_a}{J_n}$ zu dividieren, um den Vorteil des Wirbelstromläufers gegenüber dem gewöhnlichen Kurzschlußläufer in bezug auf die Größe des Anlaufmomentes, oder das Verhältnis $\frac{J_a}{J_n}$ durch das Verhältnis $\frac{M_a}{M_n}$ zu dividieren, um den Vorteil des Wirbelstromläufers gegenüber dem gewöhnlichen Kurzschlußläufer in bezug auf die Größe des Anlaufstromes zu erkennen. Bild 26 ist auf diese Weise aus Bild 23 gebildet. Es zeigt, daß der Wirbelstromläufer bei gleichem Anlaufstrom ein 2 bis 2,5 mal größeres Anlaufmoment hat als der gewöhnliche Kurzschlußläufermotor, oder daß der Wirbelstromläufer bei gleichem Anlaufmoment nur 40 bis 50 v. H. des Anlaufstromes des gewöhnlichen Kurzschlußläufermotors hat.

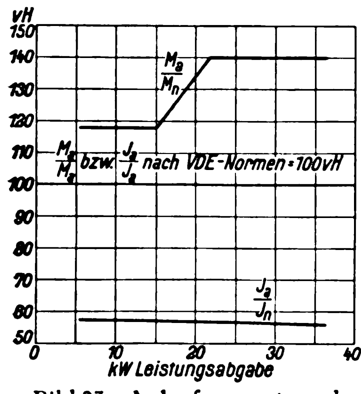


Bild 23. Anlaufmomente und Anlaufströme von Motoren mit Wirbelstromläufer, n = 1000 Umdr/min.

Die tiefen Nuten im Läufer bedingen eine Erhöhung der Gesamtstreuung des Motors. Dies hat Einfluß auf den Leistungsfaktor und auf das

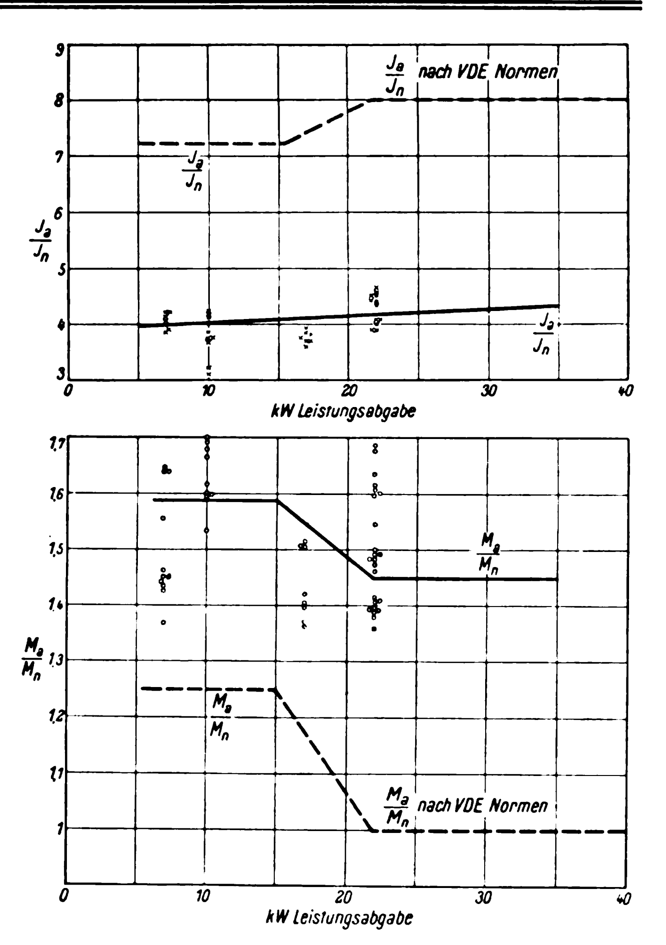


Bild 24. Anlaufströme und Anlaufmomente von Motoren mit Wirbelstromläufer, n = 1500 Umdr/min.

Kippmoment des Motors. Bedenkt man jedoch, daß die breiten Läuferzähne, die der Wirbelstromanker hat, eine kleinere Zahnsättigung und somit einen kleineren Magnetisierungsstrom als beim gewöhnlichen Kurzschlußläufer bedingen, daß die Ständerstreuung etwa $^3/_5$ der Gesamtstreuung ausmacht, und daß auf die Zickzack- wie Ringstreuung des Läufers die Tiefe der Läufernuten keinen Einfluß hat, so sieht man ohne weiteres ein, daß der Einfluß der vermehrten Streuung infolge der tieferen Läufernuten auf Leistungsfaktor wie Überlastungsfähigkeit des Motors nicht groß sein wird.

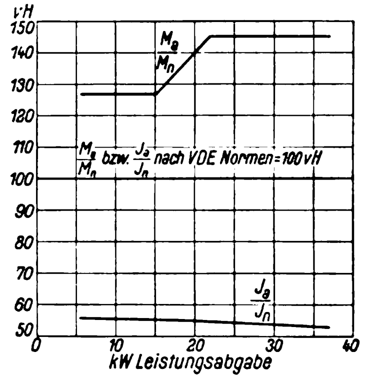


Bild 25. Anlaufmomente und Anlaufströme von Motoren mit Wirbelstromläufer, n = 1500 Umdr/min.

In Bild 27 zeigt Kurve a die Leistungsfaktoren der gewöhnlichen Kurzschlußläufermotoren für n = 1000 Umdr/min nach den Normen des VDE. Kurve b gibt die Leistungsfaktoren der Motoren mit Wirbelstromläufer gleicher Leistung und Drehzahl an. Die Leistungsfaktoren der Motoren mit Wirbelstromläufer liegen demnach um 0,015 bis 0,02 tiefer als die der Motoren mit gewöhnlichem Kurzschlußläufer. Die Kurve c zeigt die Leistungsfaktoren der Motoren mit gewöhnlichem Kurzschlußläufer bei vergrößertem Luftspalt, Kurve d die der Motoren mit Wirbelstromläufer bei vergrößertem Luftspalt. Bei vergrößertem Luftspalt liegen also die Leistungsfaktoren der Motoren mit Wirbelstromläufer um 0,04 tiefer als die der Motoren mit gewöhnlichem Kurzschlußläufer.

Während der Leistungsfaktor des Motors mit Wirbelstromläufer etwas niedriger ist als der des Motors mit gewöhnlichem Kurzschlußläufer, ist der Wirkungsgrad beim Motor mit Wirbelstromläufer der gleiche wie beim gewöhnlichen Kurzschlußläufermotor. Die etwas höheren Verluste im Ständerkupfer infolge des niedrigeren Leistungsfaktors sind auf die Größe des Wirkungsgrades ohne Einfluß, weil sie innerhalb der Meßgenauigkeit der Verluste liegen.

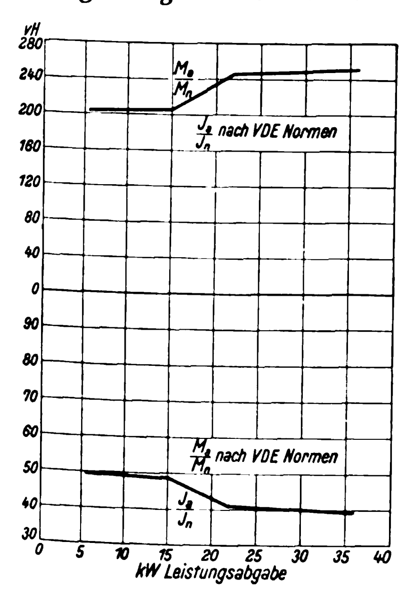


Bild 26. Anlaufmomente und Anlaufströme von Motoren mit Wirbelstromläufer, n = 1000 Umdr/min.

In Bild 28 zeigt Kurve a das Verhältnis der Streuspannung der Motoren mit Wirbelstromläufer zu der der Motoren mit gewöhnlichem Kurzschlußläufer (gekennzeichnet durch einen starken Punkt) für n = 1000 Umdr/min. Die Streuspannung liegt bei den Motoren mit Wirbelstromläufer etwa 12 bis 17 v. H. höher als bei den Motoren mit gewöhnlichem Kurzschlußläufer. Das Kippmoment eines Motors ist umgekehrt proportional seiner Streuung.

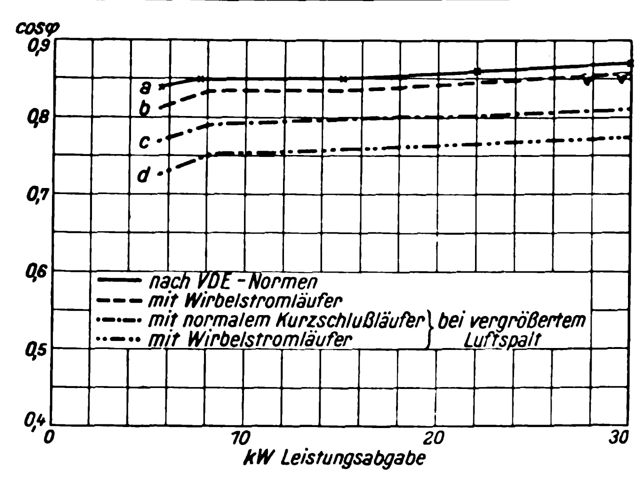


Bild 27. Leistungsfaktoren von Motoren mit Wirbelstromläufer, n = 1000 Umdr/min.

Das Kippmoment der Motoren mit Wirbelstromläufer ist also um etwa 11 bis 15 v. H. geringer als das der Motoren mit gewöhnlichem Kurzschlußläufer (Bild 28, Kurve b). Einen richtigen Überblick über die Kippmomente der Motoren mit Wirbelstromläufer erhält man jedoch nicht durch Vergleich mit den gewöhnlichen Kurzschlußläufermotoren, sondern durch Vergleich mit den Schleifringläufermotoren. Die Normalien des VDE schreiben für Kurzschlußläufermotoren und Schleifringläufermotoren gleicher Leistung und Drehzahl dieselben Kippmomente vor. Da für die Ausführung als Schleifringläufermotor und die Ausführung als Kurzschlußläufermotor dasselbe Modell verwendet wird (der Unterschied besteht nur in den Lagerschilden und der Welle), so wird der Motor mit Wirbelstromläufer den Normen des VDE genügen, falls er in bezug auf das Kippmoment gegenüber dem Schleifringläufermotor nicht zurückbleibt.

In Bild 29 zeigt Kurve a das Verhältnis der Streuspannung der Motoren mit Wirbelstromläufer zu der der Motoren mit Schleifringläufer für n = 1000 Umdr/min. Kurve b ist die zu der Kurve a reziproke Kurve und gibt das Verhältnis der Kippmomente der Motoren mit Wirbelstromläufer zu denen der Motoren mit Schleifringläufer. Bei

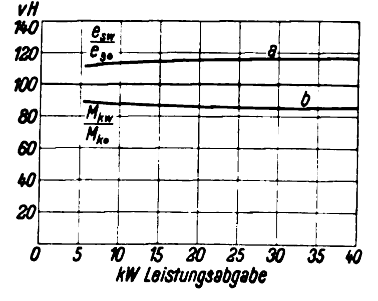


Bild 28. Streuung von Motoren mit Wirbelstromläufer, n = 1000 Umdr/min.

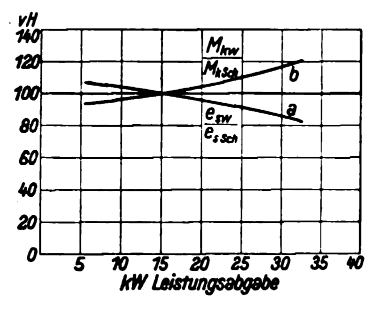


Bild 29. Streuung von Motoren mit Wirbelstromläufer, n = 1000 Umdr/min.

Leistungen bis 15 kW ist das Kippmoment des Motors mit Wirbelstromläufer um einige Prozent kleiner als das des Motors mit Schleifringläufer, bei Leistungen über 15 kW ist dagegen das Kippmoment des Motors mit Wirbelstromläufer größer als das des Motors mit Schleifringläufer, und zwar um so mehr, je größer die Leistung ist. Dies erklärt sich dadurch, daß bei Motoren mit Schleifringläufer die Spulenkopfstreuung des Läufers bedeutend größer ist als die Ringstreuung bei Kurzschlußläufermotoren. Bei den Motoren über 15 kW überwiegt die größere Spulenkopfstreuung der Schleifringläufermotoren die vermehrte Nutenstreuung der Motoren mit Wirbelstromläufer.

In Bild 26 ist der Vergleich zwischen den Anlaufmomenten bei gleichem Anlaufstrom bzw. zwischen den Anlaufströmen bei gleichem Anlaufmoment der Motoren mit Wirbelstromläufer zu denen der Motoren mit gewöhnlichem Kurzschlußläufer nach VDE-Normen bei n = 1000 Umdr/min gezogen. Die in den Normen des VDE festgelegten Werte für die Anlaufmomente und Anlaufströme sind Mittelwerte, die auf Grund der Angaben der verschiedenen Firmen gebildet worden sind. Die gewöhnlichen Kurzschlußläufermotoren der Siemens-Schuckertwerke weisen in bezug auf Anlaufmoment und Anlaufstrom günstigere Werte als die Mittelwerte der VDE-Normen auf. Bild 30 gibt einen Vergleich zwischen den Motoren mit Wirbelstromläufer und den Motoren der SSW mit gewöhnlichem Kurzschlußläufer. Die obere Kurve zeigt den Unterschied in den Anlaufmomenten bei gleichem Anlaufstrom, die untere Kurve den Unterschied in den Anlaufströmen bei gleichem Anlaufmoment. Die Vorteile des Wirbelstromläufers gegenüber dem gewöhnlichen Kurzschlußläufer nehmen mit zunehmender Größe des Motors zu.

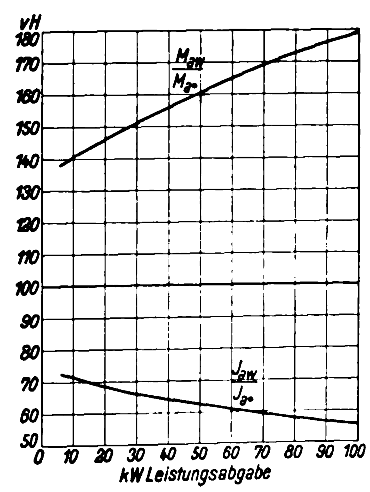


Bild 30. Anlaufmomente und Anlaufströme von Motoren mit Wirbelstromläufer, n = 1000 Umdr/min.

Als Anwendungsgebiet kommen für den Wirbelstromläufer solche Betriebe in Frage, für die neben dem hohen Anlaufmoment und kleinem Anlaufstrom noch die Einfachheit des Motors eine Rolle spielt. Dies sind chemische Betriebe, Bergwerks- und Hüttenbetriebe, Pumpenstationen, Bewetterungsanlagen und dgl. In Deutschland wie im Auslande hat der Wirbelstromläufer bereits in größerer Anzahl auch in der Textilindustrie Verwendung gefunden, neuerdings auch für langsamfahrende Aufzüge. In Dänemark wird der Motor mit Wirbelstromläufer von mehreren Firmen gebaut und ist dort hauptsächlich als Landwirtschaftsmotor verbreitet.

Wenn auch das Anlaufmoment und der Anlaufstrom beim Wirbelstromläufer nicht so günstig sind wie bei den oben beschriebenen Motoren mit eingebauten Widerständen und Zentrifugalschalter, so sind bei ihm dafür keine von den guten Eigenschaften der einfachsten elektrischen Maschine, des Kurzschlußläufermotors, aufgegeben; auch die Wärmekapazität ist beim Wirbelstromläufer die gleiche wie beim gewöhnlichen Kurzschlußläufer mit runden oder ovalen Stäben; er ist infolgedessen auch schwierigen Betrieben gewachsen, ein Durchschmelzen der Stäbe wie beim Boucherotläufer kann bei ihm nicht auftreten[1]).

C. Messung des Anlaufstromes und des Anlaufmomentes.

Trotzdem man seit jeher gewöhnt ist, die Qualität eines Kurzschlußläufermotors nach der Größe seines Anlaufstromes und seines Anlaufmomentes zu beurteilen, herrscht in den Kreisen der Abnehmer bis heute noch Unklarheit darüber, wie man diese beiden Größen am genauesten und einfachsten mißt. Die Verfahren zur Messung

[1]) Über die Vorteile des Wirbelstromläufers für Betriebe, bei welchen der Anlauf- bzw. Bremsvorgang eine Rolle spielen, siehe M. Liwschitz „Der Anlauf- und Bremsvorgang bei Asynchronmotoren mit Wirbelstromläufer", Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemenskonzern, Band IV, Heft 1.

des Anlaufstromes und des Anlaufmomentes sollen deswegen kurz besprochen werden.

I. Messung des Anlaufstromes. In den Kreisen der Motorenbauer ist es eine längst bekannte Tatsache, daß man, namentlich wenn der Motor leer oder mit kleiner Last anläuft und die Anlaufzeit infolgedessen kurz ist, je nach der Art des verwendeten Instrumentes einen beliebigen Anlaufstrom messen kann. Ein Instrument mit großer Masse, starker Dämpfung und kleiner Richtkraft zeigt in solchen Fällen einen ganz anderen Anlaufstrom als ein solches mit kleiner Masse, schwacher Dämpfung und großer Richtkraft. Die Messung des Anlaufstromes mittels Amperemeter während des Anlaufens des Motors gibt also nur in seltenen Fällen, wenn der Motor unter großer Last, also langsam, anläuft, die wirkliche Größe des Anlaufstromes wieder. Den genauen Wert des Anlaufstromes erhält man dagegen stets, wenn man ihn nicht im Lauf, sondern im Stillstand des Läufers mißt. Da der Anlaufstrom eines Kurzschlußläufermotors seinem Kurzschlußstrom, d. h. dem Strom, den der Motor bei stillstehendem Läufer aufnimmt, gleich ist, so braucht man nur den Kurzschlußstrom zu messen, um die Größe des Anlaufstromes zu erhalten. Zu diesem Zwecke hält man den Läufer fest und mißt den dem Ständer bei Nennspannung zugeführten Strom. Jeder Kurzschlußläufermotor muß so gebaut sein, daß er kurze Zeit die Wärme, die sein Kurzschlußstrom in ihm erzeugt, vertragen kann. Bei diesem Meßverfahren ist man von der Art des Instrumentes unabhängig, jedes Instrument zeigt den Anlaufstrom richtig an.

Das Ablesen des Kurzschlußstromes muß dabei kurz nach dem Einschalten erfolgen, andernfalls mißt man unter Umständen einen zu kleinen Anlaufstrom. Bild 31 zeigt den Kurzschlußstrom des oben beschriebenen Motors mit Boucherotläufer für 15 kW und n = 1500 Umdr/min bei drei verschiedenen Spannungen von 111, 91 und 71 V in Abhängigkeit von der Zeit. Die Nennspannung dieses Motors beträgt 220 V. Der Kurzschlußstrom konnte nur bei Teilspannungen gemessen werden, da bei vollem Kurzschlußstrom seine Stäbe während der Messung schmolzen. Wie aus Bild 31 ersichtlich, nimmt der Strom mit der Zeit ab, so daß das Ablesen des Kurzschlußstromes zeitig erfolgen muß.

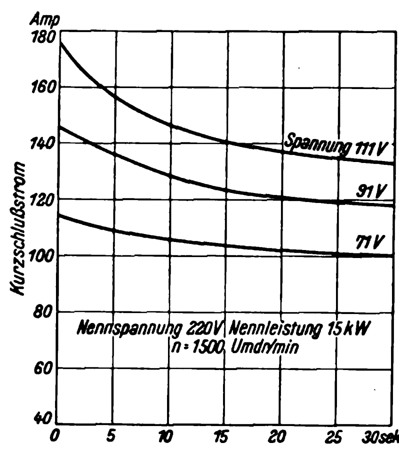


Bild 31. Kurzschlußstrom eines Motors mit Boucherotläufer in Abhängigkeit von der Zeit.

Ein zweites Verfahren, den Anlaufstrom richtig zu messen, ist das mittels Oszillographen. Der Motor kann dabei mit einer beliebigen Last oder auch leer anlaufen. Zu dieser Messung ist folgendes zu bemerken. Ein Asynchronmotor (mit Kurzschluß- oder Schleifringläufer) ebenso wie ein Transformator nehmen kurz nach dem Einschalten einen sehr großen Strom, der mit den magnetischen Verhältnissen der Maschine zusammenhängt, auf. Die Zeitdauer dieses Stromstoßes ist sehr gering. Sein Vorhandensein erkennt man daran, daß die Stromwelle in bezug auf die Mittellinie unsymmetrisch ist. In den Oszillogrammen Bild 11 und 21 ist dieser durch den Schaltvorgang hervorgerufene Stromstoß genau zu erkennen. In allen drei Oszillogrammen ist er bereits nach einer Periode des Stromes verschwunden.

Dieser Stromstoß hat mit der Ausführung des Motors als Kurzschlußläufermotor nichts zu tun, d. h. wird der Anlaufstrom eines Kurzschlußläufermotors mit dem Oszillographen gemessen, so ist von diesem Stromstoß abzusehen und als Anlaufstrom diejenige Welle zu betrachten, die als erste symmetrisch zur Mittellinie liegt. Den Augenblick des Abklingens des Sättigungsstoßes erkennt man noch leichter, wenn man die Ströme oszillographisch in zwei Phasen gleichzeitig mißt und diese miteinander vergleicht.

Die Messung des Anlaufstromes mittels eines Instrumentes mit vorgeschobenem Zeiger, wie sie vom VDE vorgeschrieben ist, ist nicht einwandfrei, da man von der Art des Instrumentes bei diesem Verfahren nicht unabhängig ist.

II. Messung des Anlaufmomentes. Bei Motoren bis etwa 50 kW mißt man das Anlaufmoment am zweckmäßigsten mit der Seilbremse. Sind in der Drehmomentenkurve keine Einsatte-

lungen vorhanden, so ist das Anzugsmoment des Motors (das auch mit dem Bremszaum gemessen werden kann) um das Moment der Reibung der Ruhe größer als das mit der Seilbremse festgestellte Anlaufmoment. Sind Einsattelungen vorhanden, so erhält man mit der Seilbremse den niedrigsten Punkt der Einsattelungen (Bild 10).

Für manche Antriebe ist es erwünscht, den Verlauf der Drehmomentenkurve in Abhängigkeit von der Drehzahl zu kennen. Für diese Messung eignen sich zwei Verfahren.

1. Der Motor wird entweder leer angelassen oder er hat nur Schwungmassen zu beschleunigen. Mit dem Motor wird eine kleine Tachometerdynamo gekuppelt. Während des Hochlaufens wird die Spannung der Tachometerdynamo oder, falls diese als Synchronmaschine ausgeführt ist, besser die Frequenz gemessen. Auf diese Weise erhält man die Drehzahlkurve des Motors in Abhängigkeit von der Zeit. Aus dieser kann man dann, falls das Schwungmoment der während des Anlaufs beschleunigten Massen bekannt ist, die Drehmomentenkurve des Motors (ohne Berücksichtigung der Reibung) ableiten. Erfolgt der Anlauf schnell, so muß man die Spannung der Tachometerdynamo mit dem Oszillographen aufnehmen. Sind die mit dem Motor gekuppelten Schwungmassen groß, so kann man die Spannung der Tachometerdynamo auch mit einem Voltmeter messen. Zur Messung der Frequenz der Tachometerdynamo, falls diese eine Synchronmaschine ist, muß stets der Oszillograph verwendet werden.

2. Mit dem Motor wird eine Gleichstrommaschine gekuppelt. Durch diese werden dem Motor verschiedene Drehzahlen aufgezwungen und die dabei von der Gleichstrommaschine aufgenommene Leistung gemessen. Aus Drehzahl und Leistung erhält man dann das Drehmoment des Motors.

Das Anzugsmoment läßt sich mit den unter 1 und 2 beschriebenen Verfahren nicht bestimmen; es läßt sich aber aus der Drehmomentenkurve extrapolieren. Bei Motoren über 50 kW ist die Messung des Anlaufmomentes mit der Seilbremse schwierig. Man nimmt hier die Drehmomentenkurve nach 1 oder 2 auf.

Die elektrische Überlandbahn Takasaki—Shimonita in Japan

Von R. Georgi, Oberingenieur der Siemens-Schuckert D. K. K., Tokyo.

Das dringende Bedürfnis einer Verbesserung des Verkehrs führte im Jahre 1924 zur Elektrifizierung der von Takasaki nach Shimonita führenden Dampfbahn.

Die Bahn, die sich im Besitz der Joshin Denki Tetsudo befindet, dient der Personen- und Güterbeförderung und ist auf eigenem Bahnkörper verlegt. Als Spurweite wurde mit Rücksicht auf den Güterwagenverkehr die Spurweite der japanischen Staatsbahn, d. h. 3′ 6″ (1067 mm) gewählt.

Die Bahn beginnt am Staatsbahnhof in Takasaki (etwa 100 km westlich von Tokyo) und führt durch eine Reihe von Ortschaften, in denen vor allem Seidenraupenkultur betrieben wird (Bild 1). Die höchste Steigung ist 1 : 60.

Für die Elektrifizierung wurde hochgespannter Gleichstrom von 1500 V gewählt.

Der gesamte elektrische Teil der Unterstation und die elektrische Ausrüstung sämtlicher Wagen sowie die vollständigen elektrischen Lokomotiven sind von den SSW geliefert.

Der Bahnstrom wird in einem Umformerwerk von zwei hintereinander geschalteten Einankerumformern von je 250 kW, 750 V, 1500 Umdr/min erzeugt.

Ein weiterer Einankerumformer ist als Reserve aufgestellt (Bild 2). Die Unterstation wird von einem Wasserkraftwerk mit Drehstrom von etwa 66 000 V und 50 Perioden gespeist. Zur Herabtransformierung auf 535 V dienen 3 Drehstromtransformatoren von je 270 kVA. Zur Reglung der Spannung sind 3 Drosselspulen vorgesehen. Die Maschinen sind so bemessen, daß sie eine zweistündige Überlastung von 50 v. H. ohne unzulässige Erwärmung aushalten.

Zur Personenbeförderung dienen fünf elektrische Triebwagen mit Vielfachsteuerung und zwei Anhängewagen. Nach Bedarf können

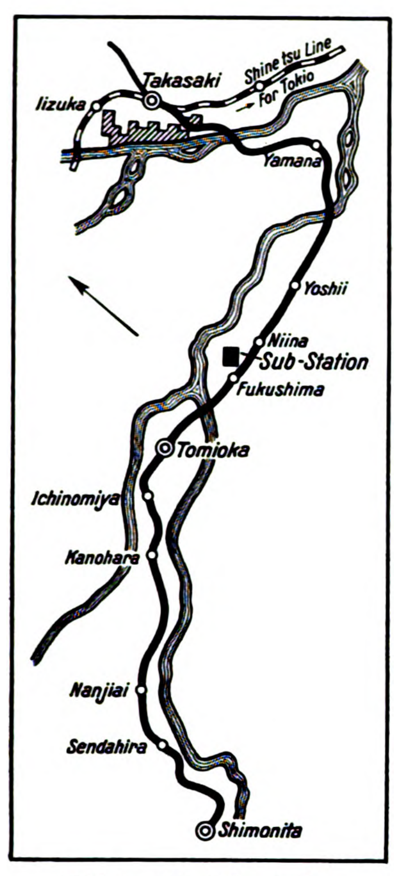


Bild 1. Die Bahnstrecke.

mehrere Triebwagen und Beiwagen zu einem Zug zusammengekoppelt werden (Bild 4 und 5).

Jeder Triebwagen ist mit vier Motoren mit Eigenlüftung, Type D 711, mit einer Stundenleistung von je 68 PS bei 750 V ausgerüstet (Bild 6). Die Ankerachse der Motoren läuft in Rollenlagern. Je zwei Motoren sind dauernd in Reihe geschaltet. Die beiden Motorgruppen eines Wagens können hintereinander und parallel geschaltet werden. Die größte Fahrgeschwindigkeit der Wagen beträgt etwa 45 km/h. Zur Stromzuführung dienen Scherenstromabnehmer mit Kohleschleifstücken. Die Steu-

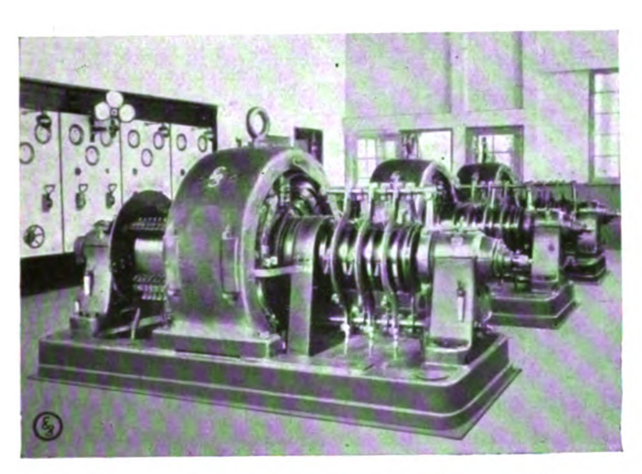


Bild 2. Maschinenraum des Umformerwerks.

erung ist eine elektromagnetische Schützensteuerung. Der Steuerstrom (750 V) wird in einem Dynamotor erzeugt. Die Hüpfer nebst

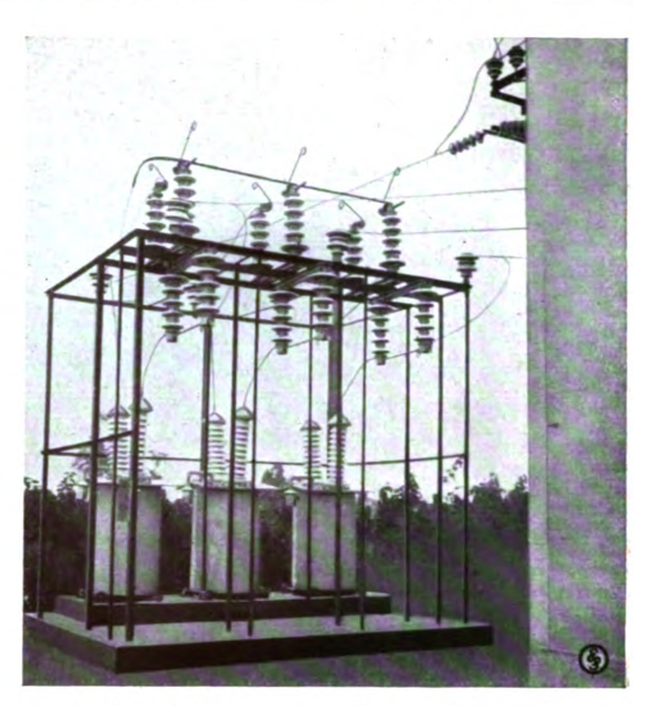


Bild 3. Überspannungsschutz am Unterwerk.

Relais sind unter den Wagen in besonderen Kästen untergebracht und von außen leicht zugänglich. Die Anfahrwiderstände sind auf dem Wagendach angeordnet. Die Führerschalter sind mit Totmannskurbel versehen, die beim Loslassen durch den Führer das Steuerstromrelais betätigt und damit den Steuerstromkreis unterbricht.

Die Bremsausrüstung der Wagen besteht in



Bild 4. Triebwagen.

einer selbsttätigen Einkammer-Luftdruckbremse der Knorr-Bremse A.-G. sowie einer Handbremse für jeden Führerstand.



Bild 5. Triebwagen mit Beiwagen.

Die Wagenkästen selbst wurden in Japan hergestellt.

Die Lokomotiven (Bild 7) sind mit der gleichen elektrischen Ausrüstung versehen wie die Triebwagen. Insbesondere sind die Motoren, auch in bezug auf die Tatzenlagerbohrung, genau übereinstimmend, so daß die Reserve-Motoren ohne weiteres sowohl für die Triebwagen als auch für die Lokomotiven verwendet werden können. Lediglich die Zahnräder und die Triebraddurchmesser sind verschieden.

Die Hauptdaten der Lokomotiven sind:

Gesamtgewicht einschl. Ballast etwa . .	34 t
Ballast etwa	4 t
Gewicht der elektr. Ausrüstung allein etwa	9 t
Gesamtlänge	9000 mm
Breite	2658 „

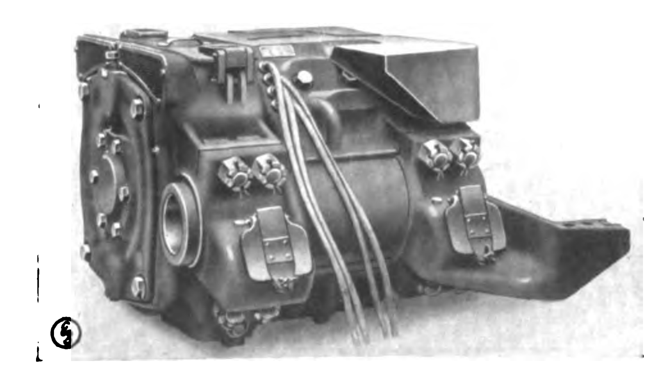
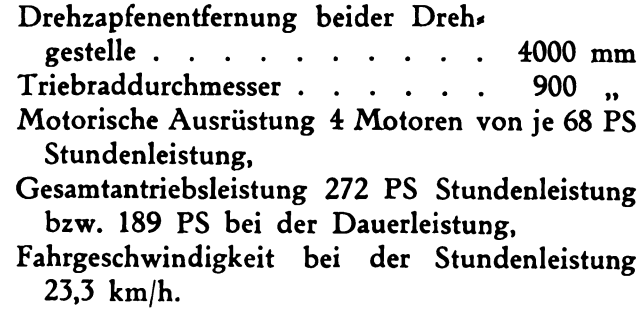


Bild 6. Motor, Type D 711.

Höhe bis zu den Stromabnehmerbohlen	3400 mm
Anzahl der Achsen	4
Radstand jedes Drehgestelles . . .	2000 mm



Drehzapfenentfernung beider Drehgestelle	4000 mm
Triebraddurchmesser	900 „

Motorische Ausrüstung 4 Motoren von je 68 PS Stundenleistung,

Gesamtantriebsleistung 272 PS Stundenleistung bzw. 189 PS bei der Dauerleistung,

Fahrgeschwindigkeit bei der Stundenleistung 23,3 km/h.

Die Lokomotiven sind mit Handbremse sowie mit direkt wirkender Luftdruckbremse versehen, die ebenso wie die der Wagen von der Knorr-Bremse A.-G. geliefert wurde.

Der mechanische Teil der Lokomotiven einschließlich der Drehgestelle wurde von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg (M.A.N.) hergestellt.

Die Lokomotiven, die vorher im Werk vollständig betriebsfertig zusammengebaut worden waren, wurden in vier Teile zerlegt, die im Landungshafen in Japan leicht zusammengesetzt werden konnten. Die Lokomotiven wurden dann auf ihren eigenen Achsen nach Takasaki befördert.

Die gesamte Lieferung traf zum größten Teil im Frühjahr 1924 in Japan ein, konnte jedoch nicht sofort verwendet werden, da der bauliche Teil sowie die Wagenkästen infolge der großen Erdbebenzerstörungen vom 1. September 1923 nicht rechtzeitig hatten fertiggestellt werden können. Immerhin konnte im Oktober 1924



Bild 7. Lokomotive mit Güterzug.

die eine Teilstrecke in Betrieb genommen und Ende des Jahres 1924 der elektrische Betrieb auf der gesamten Strecke aufgenommen werden.

Über das Wesen der Druckdifferenzmessung

Ein Beitrag zur Lösung der Frage Staurand, Düse oder Venturirohr.

Von Dr.-Ing. A. Grunwald, Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk.

(Schluß.)

Die Messung mittels Düse.

Da sich die Düse erheblich besser als der Staurand dem wirklichen Verlauf der allmählichen Einschnürung des Strahles auf den engsten Querschnitt anpaßt, wird auch ein Ablösen des Strahls und damit die bei dem Staurand so stark in Erscheinung tretende Kontraktion weitgehend vermieden, so daß der Beiwert der Düse näher an 1 heranrückt.

Die Bestimmung des Beiwertes von Düsen bietet erhebliche Schwierigkeiten; es lassen sich hier infolge der komplizierten Form noch schwerer als bei Meßflanschen zutreffende Regeln aufstellen. Die schon mehrmals mit sogenannten Normaldüsen oder ähnlichen anderen Düsen angestellten Untersuchungen zeigen noch große Unsicherheit bezüglich der Ermittlung des Beiwertes. Die Abmessungen der vom Verein deutscher Ingenieure aufgestellten Normaldüsen sind in den „Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren, aufgestellt vom Verein deutscher Ingenieure und dem Verein deutscher Maschinenbau-Anstalten im Jahre 1912" auf Seite 46 und 47 aufgeführt. Neben anderen Maßen, wie Länge, Durchmesser, Flanschabmessungen, sind darin vor allem die Maße der Krümmung festgelegt[1]), die einen wesentlichen Einfluß auf die Ausströmverhältnisse haben.

Die von Siemens & Halske A.-G. konstruierte Düse weicht davon ab; die vom Ventilatorenausschuß aufgestellten sieben Normaldüsen kommen für die praktische Verwendung wohl kaum in Betracht[2]), da den verschiedenen Betriebsverhältnissen nur durch mannigfache Ausführungsformen entsprochen werden kann[3]). Die Normaldüsen haben ein festes Einschnürungsverhältnis von $\sqrt{m} = \frac{d}{D} = 0{,}4$ oder $m = \frac{f_0}{F_1} = 0{,}16$ und bedingen daher unter gewissen Verhältnissen einen unnötig hohen Druckverlust. Außerdem haben sie eine große Baulänge, die dadurch verursacht wird, daß schwach gekrümmte Bogen vom Querschnitt des Rohres zum Querschnitt der Einschnürungsstelle überführen, was nur bei einer bestimmten Länge geschehen kann.

Eine Reihe von Arbeiten[4]) hat die Erkenntnis der Umstände, die den Beiwert der Düse beeinflussen können, wesentlich gefördert. Trotzdem ist andererseits ersichtlich, daß bezüglich der Verwendung von Düsen in der Praxis noch mancherlei zu klären ist. Daß das Einschnürungsverhältnis, dann Material und Bearbeitung, Anordnung der Druckabnahmestellen, ferner Krümmungsradien usw. unter Umständen die Meßergebnisse stark beeinflussen können, hat sich deutlich gezeigt. Nach wie vor wird es daher notwendig sein, der Ermittlung des Beiwertes durch Versuche beizukommen. Aus diesen Gründen stellt auch die Siemens & Halske A.-G. die Größe des Beiwertes auf dem Versuchsstand fest.

Für die Frage des Druckverlustes kommt nach den Ausführungen des Abschnittes über

---

[1]) Die für die Luftführung in Betracht kommenden Flächen sind bei sämtlichen Düsen geometrisch ähnlich gewählt, was für die etwaigen Unterschiede der Ausflußziffern besonders einfache Gesetzmäßigkeiten erwarten läßt. Der Düsendurchmesser d ist überall gleich $^2/_5$ des Rohrdurchmessers; die Abrundung der Düse besteht aus einem Korbbogen mit einem Halbmesser von 1,4 d auf $22^1/_2{}^\circ$ und einem Halbmesser von 0,5 d von $22^1/_2{}^\circ$ bis 90°.

[2]) Seufert, Verbrennungslehre und Feuerungstechnik; Berlin 1921, S. 116.

[3]) Wenzl und Schwarz, a. a. O. S. 1130: Die Anwendbarkeit der Normaldüse scheitert wegen der Unveränderlichkeit ihres Flächenverhältnisses an ihrer geringen Fähigkeit, sich bestimmten Drucken und Geschwindigkeiten anzupassen, an den Kosten ihrer Herstellung zumal bei großen Rohrweiten und endlich wegen ihrer großen Baulänge an der Schwierigkeit ihres Einbaues in vorhandene Leitungen. Aus diesen Gründen ist man in der Dampftechnik bereits zu Düsen anderer Bauart übergegangen.

[4]) s. Neue Versuche zur Feststellung der Einschnürungsziffer von Düsen und Stauflanschen von Ingenieur Wenzl und Dr.-Ing. Schwarz, Oberhausen, Wärmestelle der Gutehoffnungshütte; Z. d. V. D. I. Nr. 51/52 v. 23. 12. 1922.

Der Druckabfall in glatten Rohren und die Durchflußziffer von Normaldüsen von M. Jakob und S. Erk; Forsch.-Arb. d. V. D. I., Heft 267.



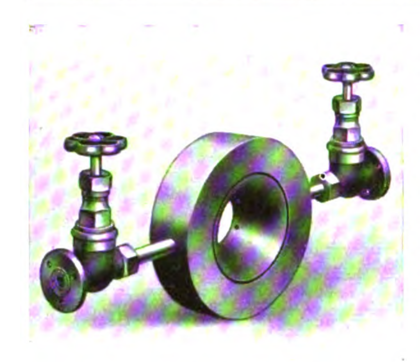


Bild 12. Der Düsen-Meßflansch zusammengesetzt.

das Wesen der Druckdifferenzmessung vornehmlich der Verlauf nach der Einschnürungsstelle in Betracht. Der Strahl muß sich ohne jede Führung auf den alten Querschnitt er-

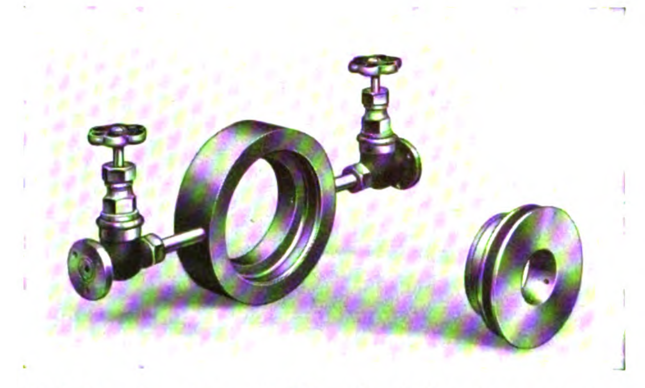


Bild 13. Der Düsen-Meßflansch mit herausgenommener Düse.

weitern, so daß hinter der Einschnürungsstelle ein Totwasserraum entsteht, der wesentliche Druckverluste zur Folge hat. Eine wesentliche Besserung in dieser Hinsicht gegenüber der Messung mittels Staurand ist also nicht erzielt; man wird mit Energieverlusten zu rechnen haben, die von der gleichen Größenordnung sind wie die bei Staurändern.

Hinsichtlich des Einbaues des Düsen-Meßflansches und der Auswechselbarkeit der Düse gilt das für den Meßflansch Gesagte. Wie die Bilder 12 u. 13 zeigen, ist der Meßflansch mit einer Düse ausgerüstet, die der Messung besondere Genauigkeit und Zuverlässigkeit gibt. Sie entspricht der Einrichtung an Venturirohren und verbürgt, wie bei diesen, eine völlig gleichmäßige Druckabnahme. Hinter der Düse etwa auftretende Wirbelungen können das Meßergebnis nicht mehr beeinflussen.

Die in die Öffnung des Meßflansches (Bild 14) eingesetzte Düse d bildet mit dem umgebenden Flansch zwei Ringkammern e und f. Die eine dieser Meßkammern ist mit einer ringförmigen Öffnung c_1 versehen, durch die die Flüssigkeit in diese Kammer eintritt. Die zweite Kammer f hat radiale Öffnungen c_2, so daß der entsprechende Druck an der engsten Stelle in die ringförmige Kammer eintritt und eine gleichförmige Abnahme des Druckes gewährleistet. Der Meßflansch ist so eingerichtet, daß er ohne große Schwierigkeiten aus der Leitung herausgenommen und durch eine neue Düse ersetzt werden kann. Durch diese Anordnung ist im Gegensatz zu den starren Formen mancher anderer Düsen eine weitgehende Anpassung an die gerade vorliegenden Betriebsverhältnisse gewährleistet.

Die Baulänge unterscheidet sich nicht wesentlich von der des Meßflansches.

Aus all den vorangegangenen Betrachtungen ergibt sich, daß die Düse dem einfachen Staurand gegenüber nur geringe Vorteile bietet. Ihr höherer Beiwert verleiht der Messung eine größere Sicherheit, aber bezüglich des Druckverlustes ist sie ebenfalls als unwirtschaftlich zu bezeichnen.

Daran kann sich auch bei Konstruktionen, die ein Mittelding zwischen Staurand und Düse darstellen, nichts ändern. Im Gegenteil, durch derartige Anordnungen werden nur Nachteile entstehen, indem die mit einem schmalen Staurand verbundene sichere Ermittlung des Beiwertes verlorengeht und andererseits ein so hoch liegender Beiwert wie bei einer guten Düse wahrscheinlich doch nicht erzielt wird.

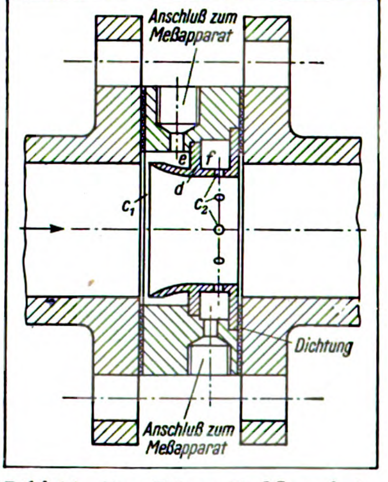


Bild 14. Der Düsen-Meßflansch im Längsschnitt.

Somit stehen also beide Meßorgane auf einer Seite scharf dem Venturirohr gegenüber.

Die Messung mittels Venturirohres.

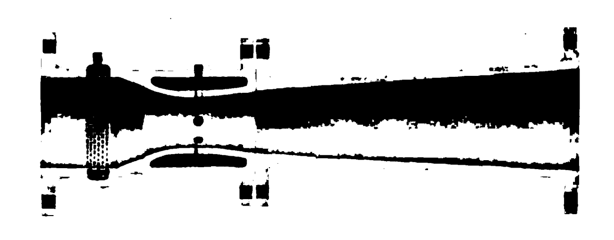
Schon bei der ersten Betrachtung ergibt sich, daß sich das Venturirohr völlig organisch in die

Rohrleitung einfügt; man findet keine übergangslosen Stellen, wie sie beim Meßflansch und auch noch beim Düsen-Meßflansch auftreten. Dadurch werden beträchtliche Störungen im Strömungsverlauf, die sich stets als Druckverlust äußern, vermieden. Und das ist gerade in einer Zeit des Strebens nach äußerster Energie-Ersparnis von ausschlaggebender Bedeutung.

Die Konstruktion des Venturirohres geht aus Bild 15 hervor. Besondere Beachtung ist dem konisch gestalteten Teil des Einlaufs zuzuwenden. Auf diese Weise leitet nämlich das zylindrische Einlaufrohr allmählich zur Düse über, wodurch Verluste vermieden werden, so daß dem Druckgefälle bis zum engsten Querschnitt die Geschwindigkeitszunahme völlig entspricht; es hat also nur eine Umwandlung der Energieform stattgefunden. Andere Konstruktionen, welche die Düse in ein zylindrisches Einlaufrohr ohne konische Verjüngung hineinverlegen, sind einfach als Düse mit Auslaufrohr anzusprechen. Sie haben eine weit weniger gute Führung des Strahles und können trotz geringerer Baulänge keine Vorteile bieten. Durch eine solche Konstruktion wird das Bestreben nach weitgehender Ausschaltung von toten Räumen und Winkeln[1]), von denen man nicht weiß, wie die Strömung in ihnen verläuft, wieder rückgängig gemacht. Im engsten Zusammenhang damit steht die günstige Lage der Druckabnahmestellen bei der Ausführung von Siemens.

Um eine möglichst einwandfreie, von zufälligen Störungen in der Strömung unabhängige Druckabnahme zu erhalten, sind zwei ringförmige Druckkammern ausgebildet worden. Für die Kammer zur Entnahme des Minusdruckes wird der zwischen der Düse und dem Einlaufrohr liegende freie Raum benutzt, während die Kammer für die Entnahme des Plusdruckes durch einen am zylindrischen Einlaufrohr angegossenen Wulst gebildet wird. Um die Druckentnahmestelle dieser ringförmigen Druckkammer vor Verschmutzung zu schützen, ist vor die Druckkammer ein ringförmiges Sieb geschaltet.

Eine Düse ohne vorhergehende Verjüngung des Rohrdurchmessers auf den Düsendurchmesser an der Eintrittsstelle wäre nur angebracht bei einer Ausflußöffnung in einer ebenen Wand,



Zylindrisches Einlaufrohr mit eingesetzter Düse — Konisches Auslaufrohr

Bild 15. Das Venturirohr.

wo die Wasserfäden von allen Seiten her zur Düse gelangen können. Bei einer Rohrleitung ist der Zutritt der Wasserfäden hingegen nur senkrecht zum Eintrittsquerschnitt der Düse möglich, wodurch bei der Konstruktion ohne Verjüngung ein Aufprallen der Wasserteilchen entsteht, was diese Konstruktion als weniger günstig erscheinen läßt. Bei diesen Konstruktionen liegt dann auch die vordere Druckabnahmestelle weit vor der Düse, um aus dem gestörten Bereich herauszukommen. Dies ist unbedingt erforderlich, da der dem Meßverfahren zugrunde liegende Bernoullische Satz von der Konstanz der Summe aus der statischen Druckhöhe und der Geschwindigkeits-Druckhöhe für jeden Querschnitt nur gilt, wenn die Strömung gleichmäßig über den Querschnitt verteilt ist.

Mittels des schlanken Auslaufrohres gelingt es nun, den erzeugten Druckunterschied bis auf 10 bis 15 v. H. wieder in Druckenergie zurückzuführen. Trotz des Hindurchströmens des Gases oder der Flüssigkeit durch den Messer wird man nachher praktisch den gleichen Druck wie vorher feststellen können. Somit erkennt man das Auslaufrohr als das wesentlichste Organ der Venturimessung; sein Fehlen verursacht größere Energieverluste, auch wenn das Einschnürungsorgan noch so sorgfältig konstruiert und hergestellt ist.

Es ergeben sich aber noch weitere Vorteile. Die Venturidüse wirkt gewissermaßen strahlregelnd, wodurch die Venturimessung sehr viel unempfindlicher gegen Ungleichmäßigkeiten und Wirbelungen wird als die Meßverfahren mit den übrigen Messern. Somit stellt sich beim Venturirohr in der von Siemens & Halske A.-G. ausgeführten Form in weitgehender Annäherung der ideale Strömungsverlauf ein.

[1]) Kriemler, Hydraulik; Stuttgart 1920, S. 60.

Neben diesen rein wirtschaftlichen Vorteilen weist das Venturirohr noch solche meßtechnischer Art auf. Sein Beiwert liegt dicht bei 1, und damit ist eine große Sicherheit in der Berechnung der Durchflußmenge erreicht. Mannigfache Versuche der Siemens & Halske A.-G. haben dies bestätigt. Aus der Literatur lassen sich ebenfalls verschiedentlich Beweise über die günstigen Beiwerte der Venturirohre anführen. So schreibt die Wärmestelle Düsseldorf[1]), daß für ein Venturirohr mit dem Koeffizienten 1 zu rechnen sei.

Dem Venturimesser liegt ein einfaches Meßprinzip zugrunde, das durch folgende Gleichung dargestellt wird:

$$G = \frac{F_1 \cdot F_2}{\sqrt{F_1^2 - F_2^2}} \sqrt{2 g H \gamma} = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}} F_2 \sqrt{\gamma} \sqrt{2 g} \sqrt{H}$$

$$G = C \sqrt{H}.$$

Hierin bedeuten:

G = die momentane Durchflußmenge in kg/h,
H = der bei der Durchflußmenge G erzeugte Druckunterschied in m WS,
γ = das spezifische Gewicht der Flüssigkeit oder des Dampfes,
g = die Erdbeschleunigung,
F_1 = der Einlaufquerschnitt,
F_2 = der Einschnürungsquerschnitt.

Die rechte Seite dieser Gleichung läßt sich in zwei Teile zerlegen; der eine

$$F_2 \sqrt{\gamma} \sqrt{2 g} \sqrt{H}$$

gibt die Durchflußmenge für die Anfangsgeschwindigkeit 0, also dem freien Fall entsprechend, an, der andere

$$\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{F_2}{F_1}\right)^2}}$$

berücksichtigt den Einfluß der Anfangsgeschwindigkeit, weshalb man diesen Faktor mitunter Einlauffaktor nennt. Er spielt bei sämtlichen Meßverfahren, die mit einem Druckunterschied arbeiten, eine Rolle und wird mit dem Ausdruck $F_2 \cdot \sqrt{2 g \gamma}$ zu einer Konstanten C zusammengesetzt. In dieser Form gilt die Gleichung aber nur für nicht zusammendrückbare Flüssigkeiten, wie z. B. Wasser, Benzin, Öl und Lauge, die ihr spezifisches Gewicht mit dem Druck nicht ändern. Bei Gasen liegen die Verhältnisse anders, da das spezifische Gewicht infolge der Druckverminderung und der damit verbundenen Volumenvergrößerung kleiner wird. In diesem Fall wird die durch eine solche nahezu adiabatisch verlaufende Zustandsänderung bedingte Abweichung mit im Koeffizienten C berücksichtigt. Die wegen dieser Abweichung bei der Eichung des Registrierapparates und der Anfertigung der Skala nötige Korrektur wird rechnungsmäßig ermittelt.

Da der Bau der Venturimesser und ihrer Anzeige- und Registrierapparate unter strenger Beachtung dieser Gesetze durchgeführt wird, ist eine genaue Messung gewährleistet. Naturgemäß ist mit dieser Konstruktion eine komplizierte Bearbeitungsweise verbunden, die sich den von Fall zu Fall vorliegenden Betriebsverhältnissen anpassen muß. Die Messer werden nicht lagermäßig hergestellt, sondern es werden den jeweiligen Betriebsbedingungen entsprechend gestaltete Typen geliefert.

Der etwas umständlichere Einbau kommt nur für bestehende Anlagen, nicht aber für Projekte in Betracht. Diese scheinbaren Nachteile sollten aber dort völlig in den Hintergrund treten, wo die Einbaumöglichkeit gegeben ist; denn es stehen ihnen große Vorteile in meßtechnischer und wirtschaftlicher Hinsicht gegenüber.

Durch Ersparnis an Kohle und Arbeitslöhnen wird sich der Mehraufwand schnell bezahlt machen.

Dabei muß nochmals darauf hingewiesen werden, daß eine Meßeinrichtung, die die Messung der einzelnen Leitungen nur nacheinander gestattet, nicht in vollem Maße den Erfordernissen der neuzeitlichen Betriebsüberwachung entspricht. Es werden, wie es in der Natur der Einrichtung begründet liegt, nur Zufallswerte ermittelt, die stets unter einem gewissen Vorbehalt zu betrachten sind. Das, was gerade an der Messung des im Betrieb verwendeten

[1]) Verein deutscher Eisenhüttenleute, Anwendungsgebiet von Staurand, Düse und Venturirohr; Mitt. Nr. 40, S. 15, Abs. 3. Näheres über die Zuverlässigkeit der Messungen mit Venturirohren und ihre Vorzüge den Meßflansch-Messungen gegenüber ist in der Zeitschrift für Dampfkessel- und Maschinenbetrieb Nr. 36 vom 9. 9. 1921 in der Abhandlung „Messung von Hochofen-Gichtgas“ von Ingenieur Friedrich Spieß nachzulesen.

Dampfes das Wertvolle ist, nämlich die fortlaufend registrierende Aufzeichnung der verbrauchten Mengen und die sich daraus ergebende Möglichkeit einer zusammenfassenden Beurteilung des Betriebes, kann nur mit Einzelregistrierung, und zwar am einwandfreiesten mit dem Venturirohr, erreicht werden.

Gemäß den obigen Ausführungen wird man also bei Anwendung der Druckdifferenzmessung von einem Venturirohr als primärem Meßorgan nur absehen, wenn die Einbauverhältnisse seine Verwendung nicht gestatten. Es kommen dann der Meßflansch und der Düsen-Meßflansch in Betracht; welches dieser beiden Meßorgane gewählt wird, liegt in der Entscheidung des Kunden. Für die ausgesprochene Wandermessung, wie schon näher ausgeführt wurde, ist der Meßflansch am Platze.

Die den drei Messern gemeinsamen Eigenschaften anderen Meßorganen gegenüber.

Damit wären die Vor- und Nachteile der drei Meßorgane gegeneinander abgewogen. Betrachtet man die allen gemeinsamen Eigenschaften, so ist deutlich die Überlegenheit dieser Messer anderen Meßorganen gegenüber zu erkennen.

Alle drei Meßorgane haben großen freien Durchgangsquerschnitt; deshalb können auch größere Fremdkörper den Messer passieren, ohne Schaden anzurichten.

Im Innern des Messers sind keine beweglichen Teile vorhanden; deshalb sind Abnutzung und Unterhaltungskosten gering, die Betriebssicherheit dagegen ist groß.

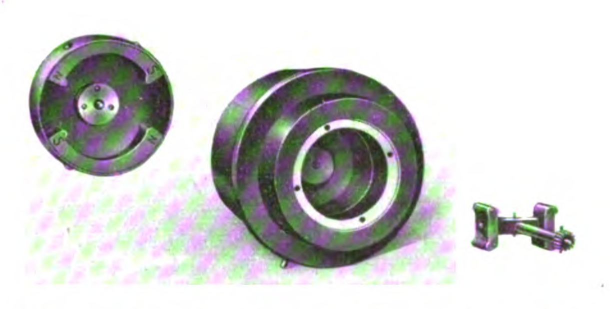
Was endlich die Siemens & Halske-Konstruktion vor allen anderen Ausführungen auszeichnet, ist, daß die Übertragung nicht durch Stopfbuchsen geschieht. An Stelle einer Stopfbuchsenübertragung, die stets eine Fülle von Fehlerquellen in sich birgt, tritt eine magnetische Kupplung die eine reibungsfreie Übertragung der Bewegung von den unter hohen Drücken stehenden inneren Räumen auf den außen und vollkommen trocken liegenden Anzeige- oder Registrierapparat gewährleistet.

Bei allen Meßgeräten, die Differential-Manometer verwenden, kommt es darauf an, die auf- und abwärts gerichteten Bewegungen des Schwimmers auf eine Schreibvorrichtung zu übertragen. Zu diesem Zweck muß die Schwimmerbewegung in eine drehende Bewegung umgesetzt werden. Diese Umsetzung stößt praktisch auf Schwierigkeiten, da an dieser Stelle gleichzeitig der unter dem Betriebsdruck stehende Schwimmerraum nach außen hin dicht abgeschlossen werden muß.



Bild 16. Die magnetische Kupplung.

Diese beiden Forderungen erfüllt nun in vollkommener Weise die in den Bildern 16 u. 17 dargestellte magnetische Kupplung. Hier wird die Drehbewegung nicht, wie üblich, durch eine unmittelbar zur Schreibvorrichtung führende und gegen den Druckraum mit einer Stopfbuchse abgedichtete Welle übertragen, sondern durch einen auf der Zahnradwelle im Druckraum angeordneten, ringförmigen Magneten a. Seine magnetische Kraft ermöglicht es nun, die eigene Drehbewegung durch die Trennungswand c des Druckraumes hindurch auf einen außen liegenden Magnetanker b zu übertragen. Die Kräfte sind hierbei leicht derart zu bemessen, daß der Anker außerordentlich sicher vom Magneten mitgenommen wird, so daß auch kleine Druckunterschiede zuverlässig angezeigt werden. Mit dieser sehr einfachen Konstruktion ist eine große Meßempfindlichkeit und sichere Arbeitsweise gewährleistet.



Ringförmiger Magnet a — Trennungswand c — Magnetanker b

Bild 17. Die magnetische Kupplung mit Magnet und Anker.

Staurand, Düse oder Venturirohr?

		Staurand	Düse	Venturirohr
Siemens & Halske haben der Ausbildung der nebenstehend abgebildeten primären Meßorgane für die Druckdifferenzmessung besondere Sorgfalt zugewandt. Für jeden, der derartige Meßgeräte braucht und sie auswählen soll, ist die Kenntnis ihrer charakteristischen Eigenschaften notwendig. Diese sind in der folgenden Tabelle übersichtlich zusammengestellt				
Hauptabmessungen	Baulänge	etwa 18 bis 28 mm	etwa 20 bis 150 mm	etwa 7 d für kleine Rohrw. etwa 5 d für große Rohrw.
	Erforderliche gerade Rohrstrecke	etwa 10 d	etwa 8 d	etwa 5 d
	Meßlänge . . .	∾ 10 d	∾ 10 d	∾ 10 d
Kontraktionszahl		um 0,60 bis etwa 0,96 veränderlich mit m und d	um 0,97 nur bei sorgfältigster Herstellung	> 1
Wirtschaftlichkeit	Anschaffungskosten für das Primärorgan allein	x Mark	etwa 1,5 bis 2 x Mark	etwa 2 bis 4 x Mark je nach Rohrweite
	Anschaffungskosten mit Anzeige- oder Registrier-Apparat	y Mark	etwa 1,1 y Mark	etwa 1,05 bis 1,4 y Mark je nach Rohrweite
	Druckverlust in v. H. vom Druckunterschied	etwa 30 bis 50 v. H.	etwa 30 bis 50 v. H.	etwa 10 bis 15 v. H.
Berechnungsgrundlage [1])		$G = K \cdot A \cdot \sqrt{\gamma} \cdot \sqrt{H}$ $G = C\sqrt{H}$	$G = C\sqrt{H}$	$G = C\sqrt{H}$
Geeignet für		Luft, Gas und Dampf	Luft, Gas und Dampf	Luft, Gas, Dampf, Wasser sowie and. i. d. Industrie verwendete Flüssigkeiten
Empfindlichkeit gegen Staubablagerung		erheblich	mäßig	gering
Verwendungsmöglichkeit		für zeitweise erfolgende Messungen; bei dauernder Verwendung ist ständiger, großer Druckverlust vorhanden	Wo Druckverlust keine große Bedeutung hat	für alle Verhältnisse
Das Venturirohr ist hinsichtlich der Meßgenauigkeit und Wirtschaftlichkeit das vollkommenste Meßorgan				

[1]) Die Konstanten K, A und C können unsern den Apparaten mitgegebenen Tafeln oder Kurven entnommen werden.

KLEINE MITTEILUNGEN

Auftrag für das neue Fernamt Berlin.

Mit Verfügung des R. P. M. vom 31. Dezember 1924 erhielt die Siemens & Halske A.-G., in Gemeinschaft mit der Firma E. Zwietusch & Co. G. m. b. H. Charlottenburg, den Auftrag auf Lieferung und Aufbau der technischen Einrichtungen für das neue Fernamt Berlin, Winterfeldtstraße. Das hier im Entstehen begriffene Amt dürfte nach Fertigstellung als die größte derartige Zentralanlage anzusprechen sein, da es alle für die Reichshauptstadt in Betracht kommenden Fernleitungen zusammenfassen soll. Schon der erste, jetzt vergebene Ausbau umfaßt die Vermittlungseinrichtungen für etwa 1500 Fernleitungen, nämlich 760 Fernplätze, 150 Sammelplätze und 190 Meldeplätze. Nach dem Endausbau dürfte die Zahl dieser Plätze das Doppelte, vielleicht sogar das Dreifache betragen. Um diese gewaltige Zahl von Fernleitungen beherrschen zu können, mußten ganz neue Wege beschritten werden; die technischen Einzelheiten der Anlage sind von Siemens & Halske in Zusammenarbeit mit der Firma Zwietusch & Co. durchgebildet worden.

Das besondere Kennzeichen dieser neuen Anordnung ist, daß für die Verbindung der Fernleitungen mit den verschiedenen Ortsämtern des Groß-Berliner Netzes Wählerbetrieb eingeführt wird. Bei der bisher allgemein üblichen Bauweise mußten die den Verkehr zwischen Fernamt und den Ortsämtern vermittelnden „Ortsverbindungsleitungen" in Vielfachschaltung über sämtliche Verbindungsplätze (Fernschränke) geführt werden, d. h., jeder Fernschrank hatte ein Klinkenfeld, in dem jede Fernvermittlungsleitung

(Ortsverbindungsleitung) an eine Klinke geführt ist, damit jede Fernbeamtin die auf ihrem Platz liegenden Fernleitungen durch Stöpseln der betreffenden Vielfachklinken mit dem jeweils gewünschten Ortsamt sofort verbinden kann ohne Mitwirkung einer zweiten Beamtin. Für das neue Fernamt sind nun aber schon bei dem vorläufigen Ausbau etwa 2000 Ortsverbindungsleitungen erforderlich. Ein derartig umfangreiches Vielfachfeld zweckmäßig unterzubringen, hätte erhebliche Schwierigkeiten bereitet, zumal sich die hierfür erforderliche große Zahl schrankförmiger Umschalter gar nicht hätte in einem gemeinschaftlichen Betriebssaal aufstellen lassen. Ihre Verteilung auf mehrere Säle hätte andererseits einen großen Aufwand von Verbindungskabeln zwischen den Vielfachfeldern nötig gemacht, was, ganz abgesehen von den Kosten, wegen der hierbei unvermeidlichen Sprechstromverluste sehr unerwünscht gewesen wäre. Man hat deshalb darauf verzichtet, Klinken und Stöpsel zu verwenden; die jedem Fernplatz zugeteilten Fernleitungen werden vielmehr mit den gleichfalls platzweise zugeordneten Fernvermittlungsleitungen durch einfachen Tastendruck wahlweise gekuppelt und mit den jeweils in Betracht kommenden verschiedenen Ortsämtern über Wähler verbunden, die von den Fernplätzen aus mit Nummernscheiben gesteuert werden. Da auf diese Weise die Vielfachfelder für die Ortsverbindungsleitungen fortfallen, ist eine wesentlich einfachere Ausrüstung und Bedienung der Fernplätze möglich. An Stelle der bisherigen Schränke mit nur drei Arbeitsplätzen werden Tische verwendet, die mit den Rückseiten so zusammengestellt werden können, daß immer 6 Beamtinnen an einem solchen Doppeltisch Platz finden; das hat eine bedeutende Raumersparnis zur Folge.

Für den Durchgangsverkehr, d. h. für die Verbindung zweier Fernleitungen, werden besondere Einrichtungen geschaffen in der Form von Durchgangsschränken. Diese erhalten ein Vielfachfeld für die hierfür in Betracht kommenden Fernleitungen, so daß jede D-Beamtin jede dieser Leitungen erreichen kann. Die Beamtin am Fernplatz verbindet sich mit einem solchen D-Platz in der gleichen Weise wie mit dem Fernvermittlungsplatz eines Ortsamtes über einen Wähler durch entsprechendes Einstellen einer besonderen Nummer mittels ihrer Wählscheibe. Für die Durchgangsschränke werden natürlich auch die erforderlichen Verstärkereinrichtungen vorgesehen.

Der Verkehr zwischen Fern- und Meldeplätzen wird nicht mehr wie bisher über Diensttasten abgewickelt, vielmehr wird hierfür eine besondere Wählereinrichtung geschaffen, die den Verkehr zwischen den vorgenannten Stellen mittels der auf den Plätzen befindlichen Nummernscheiben (Wählscheiben) ermöglicht.

Der Auftrag ist auf die beiden Lieferfirmen im wesentlichen so verteilt, daß Siemens & Halske alle erforderlichen Wähleranlagen, die Firma Zwietusch den manuellen Teil ausführt.

Eine pneumatische Feinkohlen-Förderanlage.

Mitgeteilt von der Zweigniederlassung Köln der SSW.

Nachdem man in anderen Ländern, vorzugsweise in Amerika gute Erfahrungen mit Kohlenstaubfeuerungen gemacht hat, ist man in den letzten Jahren auch in Deutschland mehr und mehr dazu übergegangen, Kohlen in Staubform zu verfeuern.

Da es bei Kohlenstaub-Förderanlagen im allgemeinen nicht immer möglich sein wird, ohne jeden Zwischentransport den Brennstoff den Mühlen oder Trocknern zuzuführen, ist die Entscheidung über die Wahl des Transportmittels zwischen Waggon und Trockner bzw. Mühle oder zwischen Trockner und Mühle von der größten Bedeutung.

Bei Neuanlagen wird man im allgemeinen von vornherein auf eine leichte Versorgungsmöglichkeit der Mühlen usw. Rücksicht nehmen können, während dies in solchen Fällen, wo Kohlenstaubfeuerungen nachträglich eingerichtet werden, nur selten geschehen kann, da die baulichen Verhältnisse meistens eine Trennung der einzelnen zu einer solchen Anlage gehörenden Apparate notwendig machen.

Als einfachstes und betriebssicherstes Transportmittel haben sich pneumatische Förderanlagen mit Saug- oder Druckluft erwiesen, zumal es sich hierbei nur um Verlegung von Rohrleitungen handelt, die den örtlichen Verhältnissen mit Leichtigkeit angepaßt werden können und nur wenig Raum beanspruchen.

Eine solche pneumatische Anlage, die mit Saugluft arbeitet, wurde im Jahre 1923 von den SSW in der Dampfkesselfabrik Walther & Co. in Köln-Delbrück gebaut und dient dazu, die in einem Trockner getrocknete Kohle zu der Mühle zu befördern.

Um das Verhalten der verschiedenen Kohlensorten bei Verfeuerung in Staubform zu untersuchen, hat die Firma Walther eine Versuchsanlage geschaffen, die aus einem Röhrentrockner, einer Saugluftanlage, und einer Walther-Farner-Mühle besteht. Die zu Kohlenstaub vermahlene Kohle wird von einem an der Mühle befindlichen Ventilator dem Verbrennungsraum an einem Wasserrohr-Kessel zugeführt. Vor der Trocknung wird die angelieferte Kohle durch einen Brecher auf eine Korngröße von etwa 20 mm Durchmesser gebracht. Der Trockenapparat ist für eine Leistung von 1000 kg grubenfeuchte Braunkohle oder 3000 kg Steinkohle je Stunde bemessen.

Der getrocknete Brennstoff fällt in einen Sammelrumpf, von dem aus die Trockenkohle auf pneumatischem Wege der Mühle zugeführt wird.

Die pneumatische Anlage besteht aus einer elektrisch angetriebenen Pumpe, der Verbindungsluftleitung zwischen der Pumpe und einem oberhalb der Mühle aufgestellten Vakuumbehälter mit eingeschaltetem Naßschutzkessel, sowie der Förderleitung, die zu den Absaugstellen führt.

Die für vorliegende Anlage verwendete Pumpe, Modell LP, arbeitet nach dem den SSW patentrechtlich geschützten Wasserring-System und hat den Vorteil, daß sie gegen eindringenden Staub außerordentlich unempfindlich ist, weil keinerlei Ventile in ihr vorhanden sind. Die Arbeitsräume werden durch einen infolge der Drehung des Schaufelrades sich bildenden Wasserring erzeugt, so daß metallisch aufeinander gleitende Teile vermieden sind. Die Vorzüge der LP-Pumpe beruhen auf ihrer außerordentlichen Betriebssicherheit, der hohen Widerstandsfähigkeit gegen Verschleiß und der einfachen Wartung. Der Verbrauch an Öl ist sehr gering, da nur die Ringschmierlager geölt werden müssen.



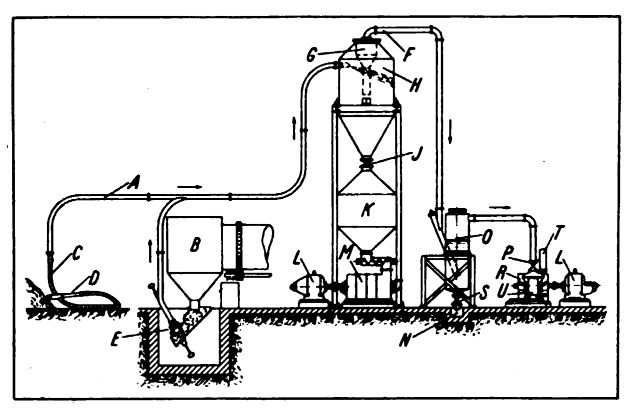


Bild 1. Saugförderanlage für Feinkohle.

A = Förderleitung	L = Motor
B = Trockentrommel	M = Mühle
C = Stahlspiralschlauch	N = Ablaufkanal für Schlammwasser
D = Handsaugrüssel	O = Naßschutzkessel
E = Fest eingebauter Saugrüssel	P = Absperrschieber
F = Luftleitung	R = Wasserkasten
G = Staubabscheider	S = Ablaßhahn
H = Sammelkessel	T = Auspuffleitung
J = Sammelkesselschieber	U = Pumpe
K = Reservebunker	

Um die Beaufsichtigung der Anlage möglichst übersichtlich zu gestalten, ist die Pumpe mit Motor und Anlasser in dem gleichen Raum wie der Trockner aufgestellt. Oberhalb der Pumpe ist ein Absperrschieber angeordnet, mittels dessen man die Pumpe vom Rohrleitungsnetz abschalten kann. An den Schieber schließt sich die Verbindungsluftleitung, bestehend aus Rohr von 125 mm l. W., mit einem eingeschalteten Naßschutzkessel an und führt zum Sammelkessel. Letzterer ist oberhalb eines Vorratsbunkers über der Mühle angeordnet und mit diesem unter Zwischenschaltung eines Flachschiebers fest verbunden. Der Sammelbehälter hat einen Luftinhalt von 10 m³ und ist mit einem eingebauten patentierten Trockenstaubabscheider ausgerüstet. Der Absperrschieber zwischen Sammelkessel und Vorratsbunker wird von Hand bedient.

Die Förderleitung, die das abgesaugte Gut dem Sammelkessel zuführt, besteht aus Siederohr von 95 mm l. W. Sämtliche Krümmungen sind rohrgebogen mit großem Radius ausgeführt.

Zum Abfördern des Brennstoffes sind zwei Saugstellen vorhanden; eine zum Absaugen des im Sammelrumpf des Trockners anfallenden Materials und eine zweite am Kohlenlagerplatz. Die getrocknete Kohle wird am Trockner durch einen fest eingebauten Saugrüssel von 80 mm l. W. mit angebautem Schieber abgesaugt, während die Kohle vom Kohlenlagerplatz mittels Schlauch und Handsaugrüssel abgefördert wird. Dieser Saugpunkt wird nur dann benutzt, wenn feinkörnige Steinkohle, die einer besonderen Trocknung nicht mehr bedarf, zur Untersuchung ihrer Eigenschaften bei Verfeuerung in Staubform, angeliefert wird.

Der Einbau des festen Saugrüssels am Sammelrumpf des Trockners ist in der Weise vorgenommen, daß unter den Auslauf ein schräg liegender Blechkasten untergesetzt ist, an dessen vorderer Wand der Saugrüssel festgeschraubt ist. Oberhalb des Saugrüssels ist dieser Blechkasten mit einer Schiebetür versehen, um etwa in der Kohle vorkommende Eisen- oder Steinstücke, wie es häufig bei Braunkohle der Fall ist, herausnehmen zu können. Außerdem gestattet diese Tür eine bequeme Beobachtung des Saugvorganges. Zum Durchstoßen sperriger Kohlenteile durch den Saugrüsselmund ist gegenüber dem Saugrüssel eine fest geführte Stocherstange angebracht, die von Hand betätigt wird.

Die Vorteile der Anlage bestehen in der großen Betriebssicherheit, einfachen Handhabung, sowie der staubfreien Erfassung und Abscheidung des Fördergutes. Explosionen sind ausgeschlossen, da das Material unter Vakuum gefördert und abgeschieden wird.

Die schematische Skizze (Bild 1) zeigt die Gesamtanordnung der Anlage.

Die Kabelanlage für die Großfunkstation Buenos Aires.

Von Dr. Wilhelm Rihl, Siemens-Kabelgemeinschaft, S K 2.

Vor kurzer Zeit hat die argentinische Transradio-Gesellschaft ihre neue Großfunkstation Buenos Aires in Betrieb genommen. Für diese Station war es nötig, zur Verbindung der Sendestation Monte Grande mit der räumlich entfernten Betriebszentrale in Buenos Aires und der Empfangsstation Villa Elisa mit der Betriebszentrale eine Fernkabelanlage zu schaffen, die besonderen Anforderungen genügen mußte. Die Entfernung zwischen der Betriebszentrale und der Sendestation beträgt rund 26 km, zwischen der Betriebszentrale und der Empfangsstation rund 47 km. Um eine einwandfreie Sprechübertragung zu erzielen, war es daher erforderlich, ein pupinisiertes Fernkabel zu bauen.

Nachdem die an die Anlage zu stellenden technischen Anforderungen im gemeinsamen Zusammenarbeiten mit der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie geklärt worden waren, erhielt die Siemens & Halske A.-G. auf Grund ihrer vielseitigen Erfahrungen im Bau von Fernkabelanlagen im Frühjahr 1923 den Auftrag auf Lieferung der gesamten Anlage einschließlich allen erforderlichen Zubehörs.

Das Kabel zur Verbindung der Betriebszentrale mit der Sendestation Monte Grande enthält 6 Doppelleitungen mit 0,9 mm Leitern, mit hohler Papierbespinnung. Hiervon wurden drei Paare für den Sprechverkehr pupinisiert. Die nicht pupinisierten Doppelleitungen dienen zum Ferntasten des Senders in Monte Grande von der Betriebszentrale aus mittels Gleichstroms.

Das Kabel zwischen der Betriebszentrale und der Empfangsstation Villa Elisa enthält 12 Doppelleitungen, ebenfalls mit hohl besponnenen 0,9 mm Leitern. Sämtliche 12 Paare dieses Kabels wurden pupinisiert, und zwar dienen diese Leitungen dem Sprechverkehr und der Zeichenübertragung von der Empfangsstation nach der Zentrale. Es werden also durch diese Leitungen unmittelbar die in Villa Elisa aufgenommenen drahtlosen Zeichen als Tonfrequenzschwingungen nach der Zentrale übermittelt, von wo aus andererseits unmittelbar die Sendeeinrichtungen getastet werden.

Die Kabel wurden mit einer Eisenbewehrung von 1,4 mm Flachdraht versehen, um unmittelbar in die Erde verlegt werden zu können. Ein kurzes Stück des Kabels mußte als Flußkabel ausgeführt werden.

Zur Pupinisierung sind Pupinspulen mit einer Induktivität von 0,20 H und einem wirksamen Widerstand von 15 Ohm in Abständen von je 2 km eingeschaltet worden. Die Wicklung der Pupinspulen ist den neuzeitlichen Anforderungen entsprechend auf Kernen aus gepreßtem Eisenpulver aufgebracht, um eine genügende magnetische Stabilität zu gewährleisten. Die Spulen wurden für das Kabel nach der Sendestation in kleinen Pupinspulenmuffen und für das Kabel nach der Empfangsstation in größeren Pupinspulenkasten montiert. Die Grenzfrequenz des pupinisierten Kabels beträgt etwa $\omega = 17\,000$, der Wellenwiderstand etwa $Z = 1670\ \Omega$. Für die Dämpfung der pupinisierten Sprechkreise ist bei $\omega = 6000$ ein kilometrischer Wert $\beta = 0{,}023$ gewährleistet, womit sich z. B. auf der 47 km langen Kabelstrecke Buenos Aires—Villa Elisa ein Gesamtdämpfungsmaß $b =$ rund 1,1 ergibt, so daß eine ausgezeichnete Sprechverständigung erzielt wurde. Den Wünschen des Bestellers entsprechend, mußte das Kabel nach der Empfangsstation einen Betrieb mit Gleichstrom- oder Wechselstromtelegraphie mit Tonfrequenzen durchzuführen gestatten. Die für die Anlage erforderlichen Endverschlüsse wurden als Endverschlüsse mit Ölisolation geliefert.

Die Kabel und Zubehörteile wurden wunschgemäß in sehr kurzer Zeit fertiggestellt und schon im Sommer 1923 versandt.

Die Montage der Anlage begann noch im Herbst 1923. Die Montagearbeiten waren Anfang 1924 beendet, so daß die erforderlichen Prüfungen vorgenommen werden konnten. Nach Mitteilungen des Auftraggebers, der „Transradio Internacional Argentina", war das Ergebnis bei der Kabelanlage ausgezeichnet, die Sprachverständigung vorzüglich. Besonders war der Auftraggeber über die große Geschwindigkeit, mit der es möglich war, den Sender zu tasten, sehr erfreut. Nach den bisher eingegangenen Mitteilungen ist die Kabelanlage so gut, daß in Südamerika kein anderes gleichwertiges Erzeugnis zu finden sein dürfte. Die Isolation der Anlage war nach fertiggestellter Montage vorzüglich. Auf den nicht pupinisierten Leitungen des Kabels nach der Sendestation wurde eine Telegraphiergeschwindigkeit von 104 Worten in der Minute erreicht, das ist die Höchstgeschwindigkeit der automatischen Geber. Die Zeichen wurden klar und ohne Verzerrung übermittelt. Auch auf dem Kabel nach der Empfangsstation Villa Elisa wurden die Zeichen und die Sprache klar und ohne Verzerrung übertragen. Um die Güte der Sprachübertragung schärfer zu prüfen, wurden die beiden Kabel nach der Sende- und der Empfangsstation in geeigneter Weise zusammengeschaltet und so Verbindungen über große Entfernungen hergestellt. Es ergab sich bei diesen Versuchen, daß selbst bei einer Entfernung von 222 km die Sprache noch klar und verständlich und ohne merkliche Verzerrung übertragen wurde, wenn auch naturgemäß nur sehr schwach. Es sei hierzu bemerkt, daß bei der angewandten Pupinisierung eine Leiterstärke von 0,9 mm im allgemeinen nur eine Reichweite von 75 km ergibt, wenn ein Dämpfungsmaß von $b =$ etwa 1,5 gefordert wird. In dem vorliegenden Versuchsfalle wurde also die dreifache Entfernung noch überbrückt.

Neuerdings wurde in Monte Grande ein Rundfunksender gebaut, der von Buenos Aires aus über das Kabel besprochen wird. Auch bei der Übertragung von Musik über das Kabel Monte Grande—Buenos Aires sind gute Ergebnisse erzielt worden, insbesondere konnte man keine Störung im gewöhnlichen Sprechverkehr und in den Tastleitungen durch die Rundfunkübertragung bemerken. Hierzu ist allerdings zu erwähnen, daß an und für sich die Pupinisierung des gelieferten Kabels für Musikübertragung nicht besonders günstig ist, da die Grenzfrequenz des Pupinkabels, über die hinaus keine Frequenzen mehr übertragen werden, nicht besonders hoch liegt. Es werden daher die gerade bei Musikübertragung besonders wichtigen höheren Frequenzen unterdrückt, und man würde zweckmäßigerweise, wenn von vornherein die Aufgabe gestellt worden wäre, das Kabel auch für Musikübertragung zu benutzen, die Grenzfrequenz der Kabelanlage höher gelegt haben, als es in diesem Falle geschehen ist.

Die für Buenos Aires gelieferte Anlage beweist, daß die Siemens & Halske A.-G. in der Lage ist, auch Fernkabel, die auf die besonderen Bedürfnisse der drahtlosen Telegraphie zugeschnitten sind, in vorzüglicher Ausführung zu liefern. Es ist zu erwarten, daß in den nächsten Jahren bei dem Bau von neuen Groß-Stationen für drahtlose Telegraphie, bei denen man wegen der hohen, von der Sendeantenne ausgestrahlten Energie immer die Empfangsstation in größerer Entfernung von der Sendestation anordnen wird, noch weitere Fernkabelanlagen ausgeführt werden.

Wiener Stadtbahn.

Die Abteilung für Schwachstromkabel des Wienerwerkes erhielt einen größeren Kabelauftrag für die selbsttätige Blockanlage der Wiener Stadtbahn, die auf elektrischen Betrieb umgestellt wird. Als Abhängigkeits- oder Blockkabel werden etwa 28 km Drehstromkabel mit einem Leiterquerschnitt von $3 \times 10\ mm^2$, für die Signalanschlüsse etwa $8\frac{1}{2}$ km zweiadrige Kabel mit einem Leiterquerschnitt von $4\ mm^2$ verlegt. Außerdem sind über 44 km Weichenstellkabel mit verschiedener Adernzahl und verschiedenem Leiterquerschnitt bestellt worden. Weiter sind für die Verbindung der Drosselstöße etwa 4 km Kupferseile in zwei verschiedenen Ausführungen, und zwar sowohl mit $70\ mm^2$ als auch mit $120\ mm^2$ Kupferquerschnitt, erforderlich. Obwohl die Kabeltypen mit Rücksicht auf die Dispositionsverschiebung der Umformerstation wiederholt geändert wurden und sich die Verhandlungen wegen der entsprechenden Kabeltypen bis Ende Dezember v. J. hinausgezogen haben, wird es doch möglich sein, mit den Teillieferungen rechtzeitig zu beginnen.

Die Blockanlage wird mit Drehstrom von 500 V Spannung betrieben.

Als erste Strecke wird die Strecke Hütteldorf—Meidlinger Hauptstraße-Michelbeuern bzw. Heiligenstadt, anschließend daran die Wiental- und Donaukanallinie ausgebaut.

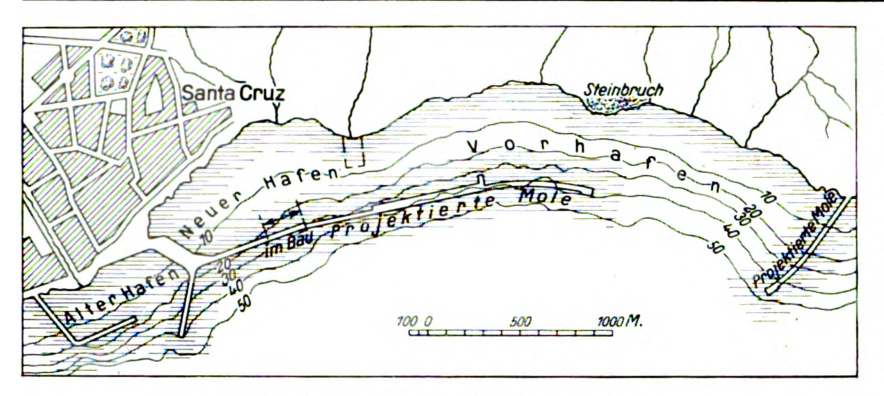


Bild 1. Neue Hafenmole bei Santa Cruz.

Erweiterung des Hafens von Santa Cruz auf Tenerifa.

Der Siemens-Bauunion ist die Erweiterung des Hafens von Santa Cruz auf Tenerifa übertragen worden, eine bemerkenswerte Arbeit, die hauptsächlich in der Herstellung einer Mole in 22 bis 30 m Meerestiefe besteht. Die Küste bei Santa Cruz fällt steil zum Meer ab, und in geringem Abstand von der Küste sinkt der Meeresboden bis auf 40 m Tiefe unter Niedrigwasser. Wie bei allen Steilküsten war auch hier ein vor Wind und Wellen geschützter Hafen nur dadurch zu schaffen, daß in einer gewissen, durch das ungehinderte Manövrieren der Schiffe im Hafen bedingten Entfernung ein Wellenbrecher parallel der Küste hergestellt wurde, der in Santa Cruz mit dem Lande in Verbindung steht und eine solche Breite erhält, daß die Mole selbst als Kai für tiefgehende Schiffe dient. Bild 1 zeigt links den alten Hafen für Küsten- und Fischereifahrzeuge und im Anschluß an diesen alten Hafen den Entwurf für den neuen Hafen, der aus einem Hafen und einem Vorhafen besteht, die durch eine Mole geschützt sind, welche im Vorhafen auf rd. 40 m Meerestiefe gegründet werden muß. Ausgeführt ist z. Zt. nur ein Stück der Südmole am eigentlichen Hafen, das als 21 m breiter Kai ausgebildet ist und an dem 4 bis 5 große Schiffe anlegen können. Die Siemens-Bauunion hat diese breite Mole in der vorgesehenen Länge herzustellen; zur Vollendung dieser Arbeit sind 5 Jahre vorgesehen. Diese Bauzeit kann jedoch bei rechtzeitiger Zurverfügungstellung der Baugelder auf 3 Jahre herabgesetzt werden.

Apparate zur Magnetisierung und Prüfung von Stahlmagneten und Entmagnetisierungsapparate.

Von G. Häder, Meßinstrumenten-Abteilung des Wernerwerkes.

Zur Magnetisierung von Stahlmagneten der verschiedensten Art (z. B. für Zündinduktoren, Telephone, Zähler usw.) dient der in Bild 1 wiedergegebene Elektromagnet zum Anschluß an Gleichstromspannungen bis 220 V. Er ist in Verbindung mit den weiter unten beschriebenen Apparaten für Fabrikation und Reparaturwerkstätten gleich gut geeignet. Die Polschuhe sind beweglich, so daß Magnete der verschiedensten Größen und Maulweiten magnetisiert werden können. Zu dem Apparat gehört eine kleine Anschlußtafel mit Schutzwiderstand oder Kondensator. Die Magnetisierung wird durch Aufsetzen der Stahlmagnete auf die Polschuhe und häufiges Ein- und Ausschalten des Stromes mittels Fußkontaktes vorgenommen. Besonders bei Verwendung der Apparate in der Fabrikation ist das Einschalten mittels Fußkontaktes sehr bequem. Um zu prüfen, ob die Koerzitivkraft des Magneten die erforderliche Höhe hat, wird ein Magnetmesser nach Bild 2 benutzt. Er ist nach Art der Drehspulinstrumente gebaut, hat wie diese eine Drehspule, jedoch keinen Magneten. An dessen Stelle tritt der zu messende Magnet selbst. Wird der Strom in der Drehspule auf einem bestimmten Wert gehalten, so gibt der Ausschlag des Instrumentes ein Maß für die Koerzitivkraft des Magneten, und es ist auf diese Weise möglich, schnell diejenigen Magnete auszusondern, die zu schwach sind und einer Nachmagnetisierung bedürfen. Wesentlich für einen Magnetmesser ist, daß der Kraftlinienverlauf der zu prüfenden Magnete im Meßgerät bei der Prüfung möglichst dem bei der Verwendung der Magnete gleich ist.



Bild 2. Magnetmesser.

Zur Entmagnetisierung von Werkzeugen usw. dient der in Bild 3 gezeigte Apparat. Er besteht aus einem Transformator, dessen Kern nicht geschlossen ist. Der Schluß wird durch das zu entmagnetisierende Stück selbst gebildet. Der Transformator ist in einem Gehäuse eingebaut und oben mit einer Messingplatte abgedeckt. Zum Betrieb ist



Bild 1. Elektromagnet mit beweglichen Polschuhen.

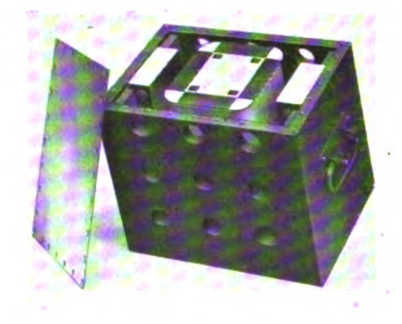


Bild 3. Entmagnetisierungsapparat.

Einphasenwechselstrom erforderlich. Zu diesem Apparat gehört eine kleine Anschlußtafel mit Sicherungen und eingebautem Schalter.

Siemens-Selbstanschluß-Fernsprechanlagen in China.

Im auswärtigen Amt in Peking ist für geheim zu haltende Gespräche zwischen dem Minister, seinem Vizeminister und den fünf obersten Verwaltungsstellen eine besondere Fernsprechanlage vorhanden. Es ist das eine Kleinautomatenanlage von Siemens & Halske. Eine Vermittlungsperson wirkt bei der Herstellung der Gesprächsverbindungen nicht mit; die leitenden Beamten stellen sich mit Hilfe der Wählscheibe an den Apparaten die Verbindungen selbst her.

Die Siemens China Co., die diese Anlage eingerichtet hat, baut gegenwärtig für die russische Gesandtschaft in Peking eine automatische Fernsprechanlage, die nicht nur dem Hausverkehr dient, sondern einem Teil der angeschlossenen Teilnehmer auch die Möglichkeit bietet, mit dem gleichen Apparat, mit dem die Hausgespräche geführt werden, über das öffentliche Amt zu sprechen.

Ein neuer Erfolg des Siemens-Schnelltelegraphen in Südamerika.

Die Revista Telegrafica, Publicacion mensual de Radio Telefonia, Telegrafia, Buenos Aires, berichtet in Heft Nr. 145 vom Oktober 1924 wie folgt:

Staatstelegraph
Der Siemens-Schnelltelegraphenapparat — seine ausgezeichnete Bewährung.

Seit einiger Zeit hat man mit dem Betriebe des Siemens-Schnelltelegraphen auf der Strecke Buenos Aires—Bahia Blanca (ungefähr 700 km) ausgezeichnete Ergebnisse erzielt. Die bisher erreichte Wirksamkeit ist unübertroffen und wird täglich für die Abwicklung des normalen Verkehrs nutzbar gemacht.

In der Praxis hat sich gezeigt, daß die in bezug auf Leitungsfehler vorgesehene Toleranzgrenze bei diesem Apparat viel vorteilhafter ist als beim Wheatstone und Baudot. Dies dürfte für seine endgültige Einführung von entscheidendem Einfluß sein.

Der Strombedarf der Stadt Trondhjem.

Der Strombedarf der Stadt Trondhjem in Norwegen wurde bisher von den Wasserkraftwerken Övre Lervos mit 9650 kVA, Nedre Lervos mit 8200 kVA und dem Dampfkraftwerk Ilen mit 4125 kVA als Reserve gedeckt. Die Ausbaumöglichkeit dieser Werke ist erschöpft, und die Stadt beabsichtigt nun für den steigenden Energiebedarf die Wasserkräfte des Hyttefossen auszunützen. Es wird vorerst an einer leicht auszubauenden Stelle des Flusses mit verhältnismäßig geringem Geldaufwand eine provisorische Zentrale mit einem Generator von 11000 kVA errichtet. Es ist aber geplant, später an anderer Stelle des Flusses ein Hauptkraftwerk zu bauen mit sechs Einheiten von je 11000 kVA im vollen Ausbau; der Generator und die Einrichtung der provisorischen Zentrale sollen später in dem größeren Werk aufgestellt werden.

Die Lieferung des elektrischen Teiles der provisorischen Zentrale, also Generator, Transformator und Schaltanlage, wurde den SSW übertragen.

Der Generator hat eine Leistung von 11000 kVA bei 6800 V, 50 Perioden, 375 Umdr/min, und wird angetrieben durch eine Wasserturbine mit wagerechter Welle, deren Durchgangsdrehzahl 375 : 114 v. H. beträgt.

Der Transformator, eine Kerntype mit Röhrenkühlern, leistet ebenfalls 11000 kVA bei einem Übersetzungsverhältnis von 6800/64000 V.

Infolge des provisorischen Charakters des Werkes hat die Schaltanlage einen verhältnismäßig geringen Umfang. Es sind Apparate für eine Freileitung von 60000 V und für drei Freileitungen von 6000 V nebst einem Reserveabzweig vorgesehen.

Gleichzeitig erteilte die Stadt Trondhjem auch den SSW den Auftrag auf die vollständige Schaltanlage für eine Transformatorenstation in Moholdt mit zwei Transformatoren von je 6000 kVA, 60000/6600 V. Die Station erhält neben der Eigenbedarfsanlage Apparate für eine 60000 V-Freileitung und fünf Kabel für 6600 V.

Hyderabad Sind Electric Supply Co., Britisch-Indien.

Die SSW haben für obiges Kraftwerk einen Drehstromgenerator für 165 kVA bei 3300 V, 50 Per, 250 Umdr/m geliefert (Bild 1). Der zum Antrieb dienende Dieselmotor stammt von der englischen Firma Mirrless, Bickerton & Day. Die Anlage konnte vor kurzem dem Betrieb übergeben werden.

Überführungs- und Trennisolatoren für Schwachstromleitungen.

Von Oberingenieur W. Bach, T.-Abteilung der S. & H. A.-G.

Für die Überführung von Schwachstrom-Freileitungen auf Gummikabel liefern Siemens & Halske einen Über-

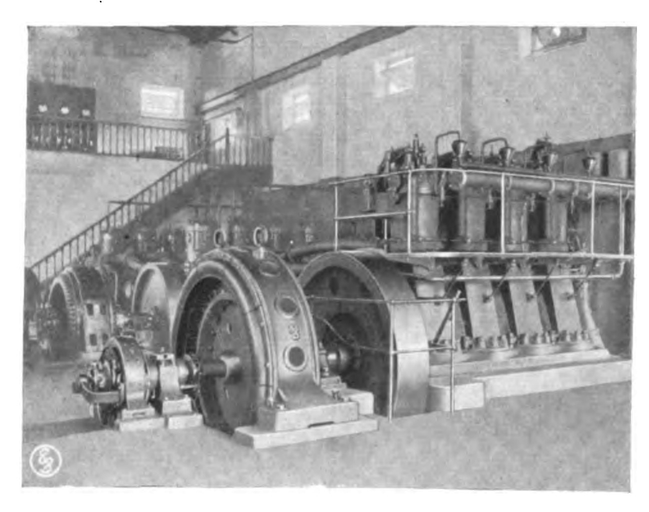


Bild 1. SSW-Dieselgenerator, Hyderabad Sind Electric Supply Co.

führungsisolator, der die Verbindungsstelle gegen die sonst häufig auftretenden Isolationsfehler vollkommen schützt. Das auf etwa 20 cm von dem Bleimantel und etwa 15 cm von der Isolation befreite Kabel führt man von unten in

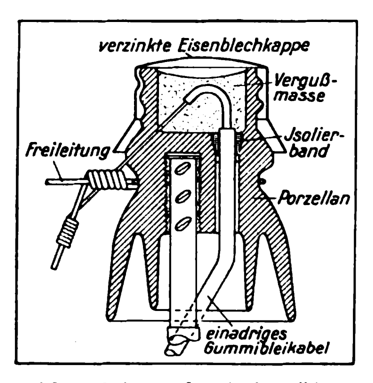


Bild 1. Schnitt durch den Überführungsisolator.

den Isolator (Bild 1) so weit ein, daß der Bleimantel ungefähr mit dem Loch im Isolatorkopf abschneidet. Das Kabeldurchführungsloch wird durch Umwickeln des Bleimantels mit Isolierband abgedichtet. Die Kupferader wird dann durch ein seitlich im Isolationskopf vorhandenes Loch an die Freileitung herangeführt, mit ihr verlötet und darauf der Hohlraum im Isolatorkopf mit einer Spezialisoliermasse ausgegossen. Diesen Isolator liefern Siemens & Halske neuerdings auch mit einer Trennvorrichtung, die es ermöglicht, bei den zum schnellen Auffinden und Eingrenzen von Isolationsfehlern vorzunehmenden Messungen die Leitung rasch zu trennen.

In Freileitungen diente bislang als Trennstelle gewöhnlich eine Klemmvorrichtung in der Nähe eines Isolators. Solche Vorrichtungen haben aber den Nachteil, daß leicht neue Fehler an der Trennstelle entstehen, wenn die gelösten Leitungsteile nicht sachgemäß wieder verbunden werden. Außerdem besteht die Gefahr, daß bei wiederholtem Trennen, wie es beispielsweise an der Überführungsstelle einer Freileitung in ein Kabel erforderlich ist, die Anschlußdrähte brechen, so daß unter Umständen die Auswechslung eines ganzen Kabelstücks notwendig wird.

Bei dem neuen Trennisolator (Bild 2 und 3) ist in den Überführungsisolator ein Trennschalter eingebaut. Die beiden Leitungsteile werden im Kopf des Isolators zu zwei isoliert angebrachten Federsätzen geführt, die durch einen messerartigen Kontakthebel verbunden sind. Das Trennen der Leitung geschieht einfach durch Ausklinken des Kontakthebels, so daß die Leitungsteile überhaupt nicht beansprucht werden. Besonders bemerkenswert ist, daß der Trennschalter, wenn er etwa nach der Messung versehentlich nicht geschlossen worden ist, durch Aufschrauben der Schutzkappe selbsttätig in die Verbindungsstellung zurückgebracht wird. Zum Befestigen der Meßleitungen sind besondere Klemmschrauben vorgesehen. Der Drehpunkt des Kontakthebels wird nicht zur Kontaktgabe benutzt, so daß ein einwandfreier Stromübergang gewährleistet ist.

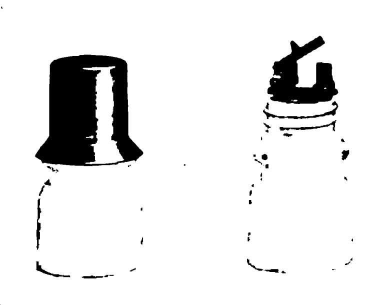


Bild 2. Trennisolator mit Schutzkappe.

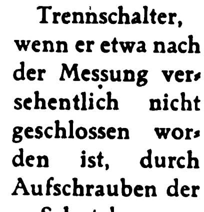


Bild 3. Trennisolator, Schutzkappe abgenommen.

13000 kVA-Dieselmotorgenerator.

Die Hamburgische Elektrizitätswerke A. G. in Hamburg errichtet, nachdem ihr Großkraftwerk in Tiefstak voll ausgebaut ist, im Hamburger Freihafengebiet ein neues Großkraftwerk. In diesem wird zunächst ein neunzylindriger doppeltwirkender Zweitakt-Dieselmotor von 15000 PSe Leistung aufgestellt, welcher der Firma Blohm & Voß, Schiffswerft und Maschinenfabrik, Hamburg, in Auftrag gegeben wurde.

Diese Maschine — die größte bis jetzt in Bau genommene Dieselmaschine der Welt — soll nach einem der M. A. N. patentierten neuen Schlitzspülverfahren arbeiten und ist in enger Zusammenarbeit mit dieser Firma entworfen.

Der Dieselmotor wird mit einem Drehstromgenerator der Siemens-Schuckertwerke direkt gekuppelt. Dieser bietet wegen seiner Ausmaße und der direkten Kupplung mit einem derartig großen Dieselmotor manches Bemerkenswerte, ist er doch mechanisch die größte Drehstromerzeugermaschine, die bisher gebaut worden ist.

Der Generator leistet bei 94 Umdr/min und $\cos\varphi = 0,8$ 13000 kVA, die Spannung beträgt 6000 bis 6300 V. Er soll als Blindleistungsmaschine bei $\cos\varphi = 0,0$ 1200 kVA leisten. Der Generator hat einen Ständerdurchmesser von 8,2 m, eine Breite von 2,4 m und eine Gesamtbaulänge von 6,5 m. Der mit 32 Polpaaren ausgerüstete Schwungradläufer wiegt 111 t.

Die Belüftung des ganzgekapselten Generators wird durch Eigen- und Fremdventilation bewirkt. Die 23 m^3 in der Sekunde betragende Kühlluftmenge wird durch eine Rückkühlanlage rückgekühlt.

Eine Temperatur-Meßanlage gestattet es, neben graphischer Aufzeichnung zu jeder Zeit die Temperaturen des Generatorständers, der Zu- und Abluft und des Kalt- und Warmwassers zu überwachen.

Alle für den Betrieb erforderlichen Hilfsmaschinen erhalten elektrischen Antrieb durch Drehstrommotoren.

Die beiden Spülluftgebläse, von denen das eine als Reserve dient, werden von dem Kompressor-Stirnende des Hauptmotors in Höhe des Maschinenhausflurs aufgestellt. Die für die verschiedenen Zwecke vorgesehenen Pumpen werden im Kellerraum neben dem Motorenfundament aufgestellt.

Elektrische Uhrenanlagen für russische Bahnhöfe.

Der Wert elektrischer Uhrenanlagen für den Bahndienst wird immer mehr anerkannt. So hat die Handelsvertretung der russischen U. d. S. S. R. der Siemens & Halske A.-G. einen Auftrag auf Lieferung von Uhrenanlagen für 25 russische Bahnhöfe erteilt.

Berichtigung.

Im Aufsatz „Selbsttätige Zwischensignale auf der Hamburger Hochbahn" (Heft 2, 1925) ist auf S. 91, 7. Zeile von unten, ein Druckfehler unterlaufen; es muß „Blockwerkes" statt „Blockwärters" heißen.

EINGESANDTE BÜCHER

(Ausführliche Besprechung einzelner Bücher vorbehalten.)

„Elektrizität" heißt die sechste der zehn Jubiläums-Ausgaben, welche die Deutsche Bergwerkszeitung, Essen, aus Anlaß ihres 25 jährigen Bestehens herausgibt. 24 Artikel erster Fachleute, deren Wert durch zahlreiche und anschauliche Abbildungen, graphische Darstellungen und statistische Tafeln noch erhöht wird, behandeln die verschiedensten Anwendungsgebiete der Elektrotechnik. Vorausgestellt ist ein Leitaufsatz: „Die Entfaltung der Elektrotechnik" von Dr.-Ing. e. h. Carl Friedrich von Siemens.

Die Kommutatormaschinen für einphasigen und mehrphasigen Wechselstrom. Von Dr.-Ing. e. h. M. Schenkel, Oberingenieur der Siemens-Schuckertwerke. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1924. 259 Seiten, 124 Abb. Preis: geh. M 10,50, geb. M 12,—.

Aus dem Inhalt: Aufbau der verschiedenen Kommutatormaschinen und deren Schaltungen. Anwendung der Kommutatormaschinen, Unterlagen für die Projektierung, Wirtschaftlichkeit. Die Speisung des Ankers. Der Anker mit Kommutator im magnetischen Felde. Die Leistung der Maschine und die Größe des Kommutators. Die Kommutierung. Der Einphasen-Reihenschlußmotor und der doppelt gespeiste Motor. Der Repulsionsmotor. Der Einphasen-Nebenschlußmotor. Der mehrphasige Reihenschlußmotor. Der mehrphasige Nebenschlußmotor und der kompensierte Asynchronmotor. Frequenzwandler. Phasenregler. Kommutator-Generatoren.

Wer, wie der Verfasser sagen kann, 20 Jahre lang an der Entwicklung der Kommutatormaschinen mitgearbeitet hat, für den wird im Laufe der Zeit der Gegenstand einfach: Die Praxis sorgt dafür, daß das Einfache und Gute auch in der Theorie bleibt und das Umständliche verschwindet. Das vorliegende Buch soll diese Einstellung gegenüber den Kommutatormaschinen, denen man nachsagt, daß sie so schwierig zu verstehen seien, wiedergeben.

Elektrizität in industriellen Betrieben. Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. e. h. W. Philippi. II. Band. Elektrische Papiermaschinenantriebe. Ein Lehrbuch der Energieverhältnisse und des Antriebs der Papiermaschine. Von Dr.-Ing. Wilhelm Stiel, Oberingenieur. Verlag S. Hirzel, Leipzig, 1924. 286 Seiten, 202 Abb. Preis: geh. M 16,—, geb. M 18,—.

Aus dem Inhalt: Wesen der Papierherstellung. Die Papiermaschine. Anforderungen an den Antrieb der Papiermaschine. Der Energiebedarf der Papiermaschine. Die Energie des Aufrollapparates. Ausführungsmöglichkeiten des regelbaren Papiermaschinenantriebes. Regelsysteme für elektrische Antriebe von Papiermaschinen. Verhalten der einzelnen Systeme hinsichtlich der Geschwindigkeitskonstanz. Selbsttätige Gleichhaltung der Arbeitsgeschwindigkeit. Einzelantrieb der Einzelteile. Antrieb des Rollapparates. Ausführung der Papiermaschinenantriebe. Gesichtspunkte für die Wahl des elektrischen Regelsystems. Elektrischer Antrieb oder regelbare Dampfmaschinen? Elektrische Trockenzylinderheizung. Anlagekosten.

Aus dem Vorwort: „Das vorliegende Buch wird dem jungen Ingenieur das Einarbeiten erleichtern, und es wird auch dem bereits länger in der Praxis stehenden Betriebsleiter und Ingenieur manche Anregung bringen: Es gibt zum ersten Male eine zusammenhängende und erschöpfende Darstellung des behandelten Gesamtgebietes und bietet dabei an vielen Stellen völlig Neues. Ich war hierbei in der Lage, die Erfahrungen einer mehr als 20 jährigen Arbeit auf diesem Sondergebiet zu verwerten, und es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle den Siemens-Schuckertwerken, und insbesondere Herrn Direktor L. Kuhl, für die Weitherzigkeit zu danken, mit welcher sie die Benutzung und Bekanntgabe auch solchen Materials gestattet haben, das anderwärts als Geschäftsgeheimnis ängstlich gehütet zu werden pflegt."

Der Fernsprechverkehr als Massenerscheinung mit starken Schwankungen. Von Dr. G. Rückle und Dr.-Ing. F. Lubberger. Verlag Julius Springer, Berlin, 1924. 150 Seiten, 19 Abb. Preis: geh. M 11,—, geb. M 12,—.

Aus dem Inhalt: Entwicklung der Grundgleichungen aus der Anschauung. Verluste. Einfluß der Einzelgrößen. Die Poissonsche Verteilungsfunktion. Verlustwerte bei begrenzter Zahl von Verbindungswegen. Die Leistung der einzelnen Verbindungsleitungen. Störungen durch unregelmäßige Belegungsdauern. Zusammensetzung und Teilung von Verkehrsmengen.

Die Arbeit ist aus den Aufgabestellungen im Gebiete der Fernsprechanlagen entstanden, die sich bei der Siemens & Halske A.-G. entwickelt hatten.

Betriebstaschenbuch. Herausgegeben von Oberschulrat Prof. Dipl.-Ing. R. Horstmann, Berlin, und Prof. Dr.-Ing. K. Laudien, Breslau. Starkstromtechnik. Die elektrischen und magnetischen Grundgesetze. Die Betriebseigenschaften von Maschinen und Apparaten. Bearbeitet von Prof. Dr.-Ing. K. Laudien. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig, 1924. 173 Seiten, 170 Abb. Preis: geh. M. 3,60.

Aus dem Inhalt: Die Grundgesetze der Elektrotechnik. Magnetismus und Elektromagnetismus. Meßinstrumente. Elektrisches Kochen, Heizen, Schweißen. Schwachstromtechnik. Akkumulatoren. Das Induktionsgesetz. Die Erzeugung von Gleichstrom. Gleichstrommotoren. Die Erzeugung von Wechselstrom und Drehstrom. Transformatoren. Drehstrommotoren. Einphasenstrommotoren. Umformer. Wahl der Spannung und der Stromart. Leitungen. Elektrische Apparate. Bauart, Aufstellung und Bedienung von Widerständen bzw. Anlassern. Wahl der Motorgröße, Umdrehungszahl und Bauart. Motoraufstellung und Motoranschluß. Motorkontrolle. Stromtarif und Verträge. Unfallverhütungs- und Vorsichts-

maßnahmen an elektrischen Apparaten, Maschinen und Leitungen.

Fahrleitungsanlagen für elektrische Bahnen. Von Fr. Wilh. Jacobs. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, 1925. 290 Seiten, 400 Abb. Preis: geh. M 10,50, geb. M 12,–.

Aus dem Inhalt: Entwicklung der Bahnen. Dimensionierung der Stromzuführungsanlage. Die Stromzuleitungen. Stromrückleitung. Oberleitung. Einfachaufhängung. Vielfachaufhängung. Speiseleitungen. Windbelastung. Maste. Ausleger. Elektrische Weichenstellvorrichtungen für Straßen- und Kleinbahnen.

Die Elektrizität. Auf Grund der jüngsten Forschungsergebnisse. Gemeinverständlich dargestellt von Dr. Johannes Wiesent, München. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart, 1924. 194 Seiten, 167 Abb. und 3 Tafeln. Preis: geb. M 4,–.

Aus dem Inhalt: Die Grundlagen zur Erkenntnis des Wesens der Elektrizität. System der Elektrizitätslehre auf Grund der neueren Forschungsergebnisse (statische Elektrizität, Entstehung und Wesen des elektrischen Stromes, Gleichstromgesetze, Gasentladungen, Radioaktivität, Röntgenspektroskopie, Elektro- und Magneto-Optik, Photoelektrizität). Die wichtigsten Meßverfahren.

Treppenhausbeleuchtung und die dazugehörigen Schaltapparate. Von Ing. Georg Paul, Vorstand der Prüfstelle des E. W. Stuttgart. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig, 1924. 39 Seiten, 29 Abb. Preis: geh. M 1,20.

Aus dem Inhalt: Zeitschalter ohne und mit Laufwerk. Tellux-Schalter. Bedingungen, die an elektrische selbsttätige Treppenhausuhren gestellt werden müssen. Beleuchtungskalender. Aufzugseinrichtungen für Treppenhausuhren. Treppenhaus-Sparuhr. Dämmerbeleuchtung. Statistik zur Beurteilung der Güte und Bewährung von Treppenhausuhren in den Anschlußanlagen, sowie Organisation einer Uhrenabteilung in einem großen Elektrizitätswerk.

Schaltungsschemata für zwei- und dreiphasige Stabrotore. Entwurf und Konstruktion von Ing. Dr. J. Bojko. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, 1924. 57 Seiten, 16 Abb., 7 Tafeln. Preis: geh. M 2,50.

Aus dem Inhalt: Fortschreitende Wellenwicklung. Rückschreitende Wellenwicklung. Normalschaltungen. Bruchlochwicklungen. Zweiphasenwicklungen.

Wähleramt und Wählvorgang. Eine Einführung von Joseph Woelk, Telegraphendirektor im Telegraphentechnischen Reichsamt. Verlag R. Oldenbourg. München und Berlin, 1924. 28 Seiten, 14 Abb. Preis: geh. M 1,10.

Aus dem Inhalt: Das Wähleramt. Einfluß von Anschlußleitungen und Sprechstellenschaltung auf den Wählvorgang.

Die Hochfrequenz-Technik. Herausgegeben von Dr. K. Lübben. Band I: Röhren-Empfangsschaltungen für die Radiotechnik. Von Dr. phil. Karl Lübben, Regierungsrat und Mitglied des Reichspatentamtes. Verlag Hermann Meusser, Berlin, 1925. 206 Seiten, 260 Abb. und 5 Tafeln. Preis: geb. M 6,80.

Aus dem Inhalt: Theorie der elektrischen Schwingungen. Theorie und Anwendung der Elektronenröhre. Empfangsschaltungen.

Die privatrechtliche Stellung der Elektrizität und der Elektrizitätslieferungsvertrag. Von Dr. jur. Ludwig Niessen. Verlag Julius Springer, Berlin, 1925. 74 Seiten. Preis: geh. M 3,60.

Aus dem Inhalt: Das physikalische und wirtschaftliche Wesen der Elektrizität und die Begriffsbestimmung der Sache in § 90 BGB. Die rechtliche Anerkennung der Elektrizität als selbständiges Wirtschaftsgut und unmittelbarer Vertragsgegenstand. Die Elektrizität und die Vermögensrechte. Elektrizität und Nachbarrechte. Die Vertragsart des Elektrizitätslieferungsvertrages. Der Inhalt des Elektrizitätslieferungsvertrages.

Wirtschaftliche Verwertung der Brennstoffe. Kritische Betrachtungen zur Durchführung sparsamer Wärmewirtschaft. Von Dipl.-Ing. G. de Grahl, Baurat, Mitglied der Akademie des Bauwesens. Dritte, vermehrte Auflage. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, 1923. 649 Seiten, 323 Abb. und 16 Tafeln. Preis: geh. M 32,–, geb. M 33,50.

Aus dem Inhalt: Die Brennstoffe. Umwandlungs- und Veredelungsverfahren. Verbrennung der Brennstoffe. Feuerungseinrichtungen. Kritik der Feuerungstechnik. Städtewirtschaft. Energiewirtschaft. Ergänzende Betrachtungen zur neuzeitlichen Brennstoffwirtschaft.

Industrielle Materialienkunde. Handbuch für die Praxis. Bearbeitet von Ingenieur Siegfried Herzog, Technischer Berater und Begutachter. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, 1924. 360 Seiten. Preis: geh. M 10,–, geb. M 12,–.

Aus dem Inhalt: Steine und Erden. Brennstoffe. Wasser. Tierische Stoffe. Pflanzliche Stoffe. Baustoffe. Metall. Öl und Fette. Faserstoffe. Leder. Bindemittel. Schleifmittel. Schutzmittel.

Geschichte, Eigenschaften und Fabrikation des Linoleums. Eine technologische Studie für Technologen, Linoleum- und Maschinenfabrikanten, Ingenieure, Architekten, Ärzte usw. Von Hugo Fischer, Geheimer Hofrat und ordentlicher Professor i. R. der Technischen Hochschule zu Dresden. Zweite, neubearbeitete Auflage. Verlag Arthur Felix, Leipzig, 1924. 146 Seiten, 62 Abb. und 7 Tafeln. Preis: geh. M 12,–, geb. M 14,–.

Aus dem Inhalt: Geschichtliche Notizen über die Erfindung des Linoleums. Eigenschaften des Linoleums. Die Fabrikation des Linoleums. (Die Korkzerkleinerung. Die Oxydation des Leinöles. Das Mischen der Linoleumdeckmasse. Das Auftragen der Linoleumdeckmasse auf das Grundgewebe. Das Trocknen des Linoleums. Das Bedrucken des Linoleums. Die Lincruste-Tapete.)

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68–71.



SIEMENS-ZEITSCHRIFT

SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT


SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

4. HEFT * BERLIN / APRIL 1925 * JAHRGANG 5

Die erste Hochspannungs-Fernübertragungsanlage in China

Von Karl Mosig, Abteilung Übersee der SSW.

In den letzten Jahren machte die Elektrifizierung auch in China bedeutende Fortschritte. Während wohl im Lande eine ganze Reihe kleinerer Kraftwerke für den örtlichen Bedarf vorhanden ist, ging man nunmehr dazu über, auch Überlandkraftwerke zu errichten, die ein großes Gebiet durch Fernübertragung mit hochgespanntem Strom versorgen.

Deutschem Unternehmungsgeist ist es zu danken, daß dieser Weg nunmehr beschritten wurde. — Es darf dies als ein Zeichen dafür angesehen werden, daß deutsche Tatkraft nicht gebrochen ist und in der besonders für uns schwierigen Lage gegenüber dem Weltwettbewerb Mittel und Wege findet, auf dem Weltmarkt wieder Einfluß zu gewinnen, der uns durch den Großen Krieg und den Versailler Vertrag verlorengegangen war.

Die Siemens China Co., China, Tochtergesellschaft der Siemens-Schuckertwerke, hat zusammen mit chinesischen Aktionären eine Gesellschaft, die Tseng hua el. Manufacturing Co. mit Hauptsitz in Shanghai, ins Leben gerufen, die als erste ein Überlandkraftwerk in China errichtet hat und betreibt.

Im Sommer 1922 wurden die grundlegenden Arbeiten für das Projekt aufgenommen, und schon Anfang 1924 konnte die Anlage in Betrieb gesetzt und Energie abgegeben werden.



Bild 1. Ansicht des Kraftwerkes, Ostseite.

Das Kraftwerk (Bild 1) liegt an der Bahnlinie Shanghai—Nanking, 2 km von dem Dorfe Tsi-Shu-Yen und unmittelbar am Soochow Creek, dessen mittlere Tiefe 3,3 m bei einer Breite von etwa 30 m beträgt. Die mittlere Temperatur des Flußwassers wurde mit 28° C angegeben.

Von den nächsten größeren Städten Changchow und Wusieh, die vorläufig als Stromabnehmer hauptsächlich in Frage kommen, ist das Kraftwerk 10 bzw. 33 km entfernt.

Im Kraftwerk wurden vorerst zwei Turbosätze von je 3200 kW Leistungsabgabe bei $\cos\varphi = 0{,}8$ für 50 Per und $n = 3000$ aufgestellt (Bild 2). Ein weiterer Ausbau durch größere Einheiten, voraussichtlich zwei 10000 kW-Turbosätze, ist vorgesehen. Die Generatorspannung ist 6600 V, sie wird für die Fernleitung nach Wusieh und Changchow auf 33000 V umgespannt.

In diesen beiden Städten ist je eine Haupt-Umspannstation, z. Zt. 2×1500 bzw. 3×1000 kVA, errichtet worden, die die Spannung auf 2300 V herabsetzen, während durch eine Anzahl Verteilungsstationen die Gebrauchsspannung von 380/220 V abgegeben wird. In die näher gelegenen Ortschaften bzw. Betriebe wird die Generatorspannung von 6600 V geleitet und an Ort und Stelle gleich auf die Verbrauchsspannung von 380/220 V umgespannt.

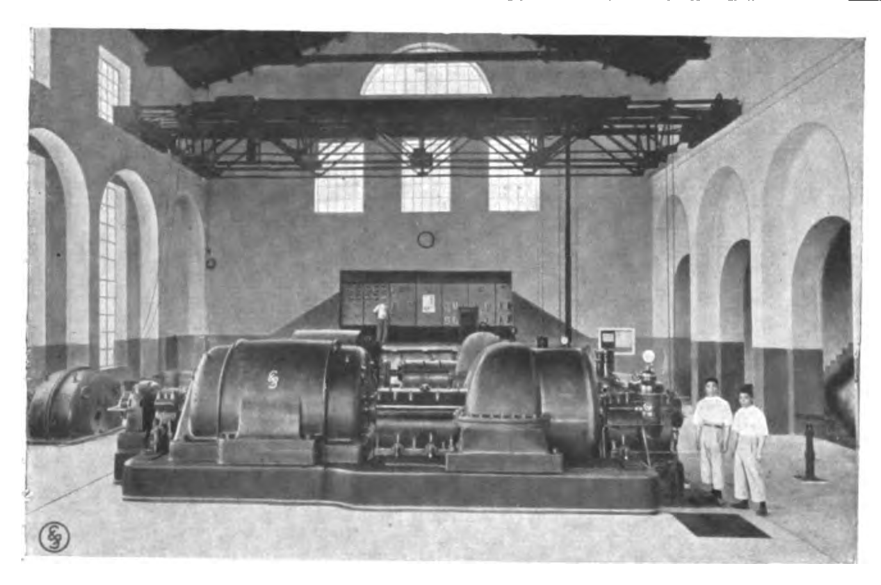


Bild 2. Ansicht des Maschinenhauses.

Außerdem ist eine Umspannstation bei dem Dorfe Lohse (19 km) von 2×500 kVA, 33000/2300 V und eine solche bei Hengling (9,5 km) 2×50 kVA, 33000/400/231 V vorhanden. Bei der letzteren wird also gleich von der Fernübertragungsspannung auf die Gebrauchsspannung herabgegangen. Durch entsprechende Anzapfungen an den Transformatoren der Hauptstationen wie der Verteilungsstationen wird dem Spannungsabfall Rechnung getragen.

Bild 3. Ansicht des Hilfsmaschinenraumes mit Verdampfer und Speisewasserpumpe.

Im großen und ganzen bietet der Aufbau der Anlage keine Besonderheiten, die aus dem Rahmen sonst üblicher Dampfturbo-Kraftwerke dieser Größe herausfallen. Aus den eingefügten Bildern kann aber ohne weiteres ein sehr gefälliger Gesamteindruck gewonnen werden. Die Grundriß- und Schnittzeichnung (Bild 4) zeigt, daß sich das Kraftwerk in ein Kesselhaus mit Aschenkeller, ein Hilfsmaschinenhaus mit unter demselben durchgeführtem Kühlwasserkanal und ein Maschinenhaus mit Kondensationskeller gliedert; seitlich angeschlossen ist das Schalt- und Transformatorenhaus.

Im Kesselhaus sind z. Zt. 4 Wasserrohr-Dampfkessel der Firma Babcock und Wilcox, Glasgow und Oberhausen, von je 419 m² Heizfläche für 15 at aufgestellt. Jeder Kessel ist mit 2 Oberkesseln von je 1370 mm Durchmesser mit Schlammsammler und einem Dampfüberhitzer von 122 m² Heizfläche für eine Überhitzung des Dampfes auf 360° C ausgerüstet. Außerdem ist für jeden Kessel ein Speisewasservorwärmer von 248 m² Heizfläche vorgesehen, bestehend aus 160 gußeisernen vertikalen Röhren, die an beiden Enden in gußeisernen Kammern ohne Verwendung eines Dichtungsmaterials eingepreßt sind. Für die Feuerung sind Ketten-Wanderroste von je 13 m² Rostfläche vorhanden, ausgebildet als Doppelroste; Kettenroste wie Rußschaber der Vorwärmer werden elektromotorisch betätigt.

Es ist Vorsorge getroffen, daß später Kohlenbunker und eine automatische Rostbeschickung eingebaut werden können. Die Giebelseite des Kesselhauses ist aus Eisenfachwerk errichtet, um eine Erweiterung der Anlage durch Vorschieben der Wand leicht

ohne unnötige Unkosten möglich zu machen. Der Schornstein ist vollständig aus Beton hergestellt und hat bei einem lichten Durchmesser von 3,6 m eine Höhe von 64 m. Bei späterer Erweiterung wird ein zweiter Schornstein aufgestellt werden. Für die Kesselspeisung sind drei Pumpensätze vorhanden, und zwar zwei direkt elektromotorisch angetriebene Hochdruckzentrifugalpumpen des Pumpen- und Armaturenkonzerns in Frankenthal (Pfalz) von je 50 m³ Förderleistung in der Stunde bei 2900 Umdr/min und eine Dampfturbopumpe der Maffei-Schwartzkopff-Werke, Berlin-Wildau, für eine Förderleistung von 100 m³ in der Stunde bei 3950 Umdr/min. Die manometrische Förderhöhe der Pumpen beträgt 175 m (Bild 3).

Die letztere Pumpe dient als Reserve für den Fall, daß aus irgendeinem Grunde die elektrisch angetriebenen Pumpen versagen sollten. Das Speisewasser fließt diesen Pumpen aus einem im obersten Stockwerk des Hilfsmaschinenhauses aufgestellten Reinwasserbehälter zu, in den die Kondensatpumpen fördern.

Für die Beschaffung des Kesselzusatzwassers ist eine zweistufige Hochdruck-Verbund-Verdampferanlage der Atlaswerke A. G., Bremen, für eine Stundenleistung von 2 m³ Reinwasser aufgestellt worden; als Heizdampf wird hierbei Frischdampf aus den Kesseln verwendet. Dieser Dampf von 14,5 at erzeugt im ersten Apparat Dampf von 1,5 bis 2 at, der seinerseits in zwei weiteren Apparaten Dampf von 0,2 at hervorbringt, der wieder in einem Mischvorwärmer das den Speisepumpen zufließende Wasser vorwärmt.

Die Anlage ist so angeordnet, daß immer zwei Verdampfer in Betrieb bleiben, wenn ein Verdampfer gereinigt wird. Verdampferanlage und Kesselspeisepumpen sind im Hilfsmaschinenhaus untergebracht. Eine besondere im Keller aufgestellte Rohwasserpumpe schafft das Rohwasser in einen zweiten Hochbehälter im obersten Stockwerk des Hilfsmaschinenhauses, von wo es den einzelnen Verbrauchsstellen zufließt. Die beiden Dampfturbinen mit Oberflächenkondensation wurden von der Fa. Krupp A.-G., Germaniawerft Kiel, geliefert. Die Leistung jeder Turbine bei 14 at und 350° C Eintrittstemperatur vor dem Turbineneinlaßventil beträgt bei 3000 Umdr/min dauernd normal 4560 PS. Der benötigte Dampf wird bei Vollast von zwei der vorher erwähnten Dampfkessel geliefert, wobei ein Dampfverbrauch der Turbinen bei Vollast von 3,97 kg je PSe mit 3 v. H. Spiel einschließlich des Dampfverbrauchs der Kondensationshilfsturbinen gewährleistet wurde.

Die Turbinen sind reine Aktionsturbinen nach Zoelly, deren allgemeine Konstruktion als bekannt vorausgesetzt werden darf.

Die Oberflächenkondensation jeder Maschine ist mit einer sogenannten Hülsmeyer-Spülung versehen. Sie besteht darin, daß nach Abschaltung von Abteilen des Kondensators das

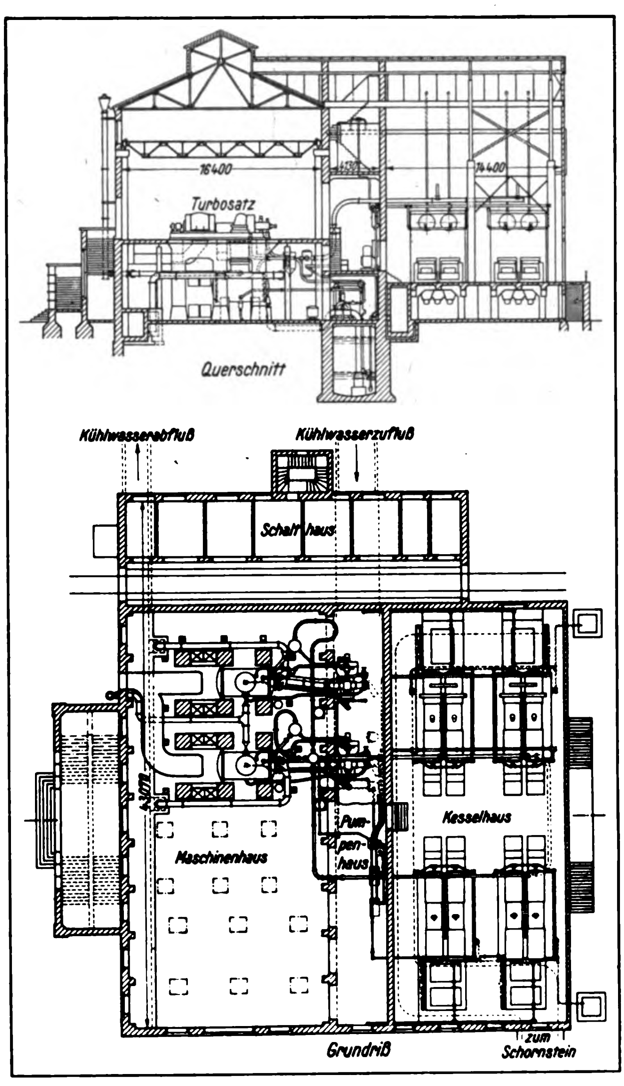


Bild 4. Querschnitt und Grundriß des Kraftwerkes Tseng-Hua.

Kühlwasser mit bedeutend erhöhter Geschwindigkeit durch die Kühlrohre getrieben wird und auf solche Weise Ablagerungen in den Rohren,

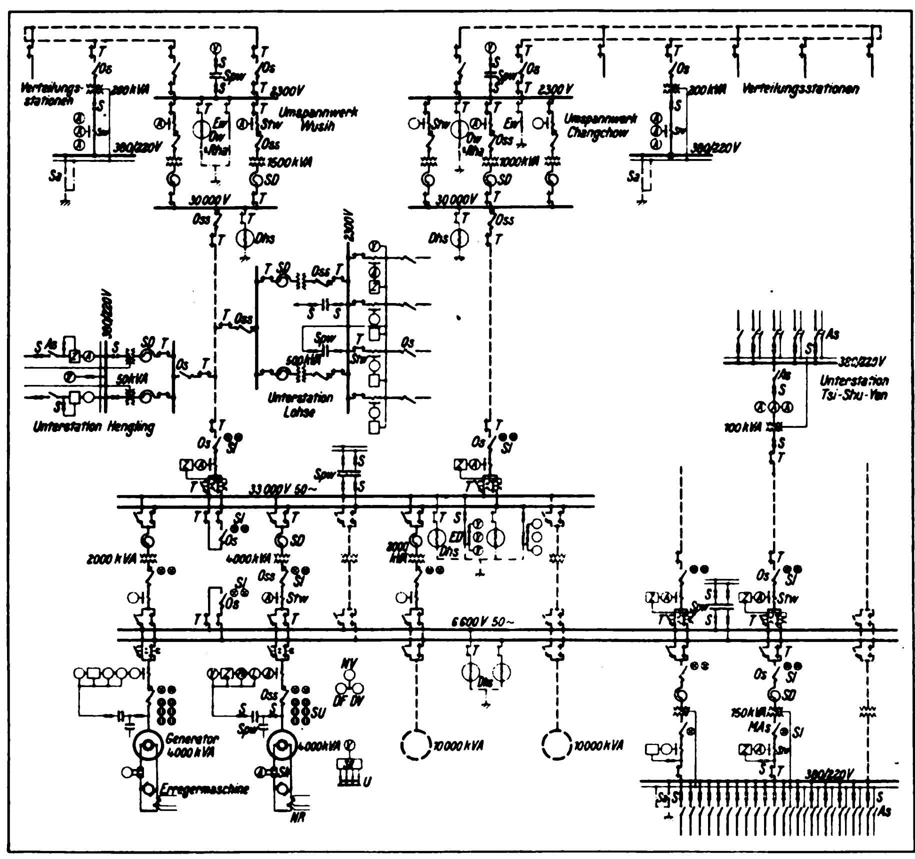


Bild 5. Schaltungsschema des Kraftwerkes Tseng-Hua.

A	= Amperemeter	NR	= Nebenschlußregler	SD	= Schutz-Drosselspule
As	= Ausschalter	NV	= Null-Voltmeter	Sh	= Shunt
DF	= Doppel-Frequenzmesser	Ow	= Ölwiderstand	Sr	= Schnellregler
Dhs	= Drehstrom-Hörnerschutz	Os	= Ölschalter	Su	= Stöpselumschalter
DV	= Doppel-Voltmeter	Oss	= Ölschutzschalter	Spw	= Spannungswandler
ED	= Erdungs-Drosselspule	Ph	= Phasenzeiger	Stw	= Stromwandler
Ew	= Erdungswiderstand	Rha	= Relais-Hörnerableiter	U	= Umschalter
L	= Leistungszeiger	S	= Sicherungen	V	= Voltmeter
MAs	= Maximalstrom-Ausschalter	Sa	= Stöpselableiter	Z	= Zähler

die den Wirkungsgrad der Kondensationsanlage sehr beeinträchtigen würden, entfernen.

Die beiden Kühlwasserpumpen sind Zentrifugalpumpen für eine Stundenleistung von je 1250 m^3.

Der Antrieb erfolgt im vorliegenden Falle nicht elektromotorisch, sondern durch eine Frischdampf-Hilfsturbine mit Regler und Schnellschlußvorrichtung. Der Abdampf wird in eine Niederdruckstufe der Hauptturbine oder in den Kondensator geleitet. Eine Umschaltklappe für Auspuffbetrieb wird von der Reglung der Hauptturbine derart beeinflußt, daß ein Durchgehen der letzteren durch den Hilfsturbinenabdampf ausgeschlossen ist.

Als Luftpumpe hat eine Wasserstrahlluftpumpe Verwendung gefunden, die das nötige Wasser unter höherem Druck aus einer besonderen mit der Kühlwasserpumpe vereinigten Zusatzpumpe erhält.

Kondensatpumpe, Kühlwasserpumpe und Antriebsturbine sind auf gemeinsamer Grundplatte zusammengebaut.

Schaltanlage und Transformatoren wurden, wie bereits oben erwähnt, in einem besonderen dreigeschossigen Schalthaus untergebracht.

Im Erdgeschoß stehen die Transformatoren und Apparate für den 3300 V-Überspannungsschutz, jeder Apparat in einer besonderen Betonzelle. Die Entlüftung der Transformatorenzellen geschieht durch in die Fenster eingebaute elektrische Ventilatoren. Vor den Zellen läuft in einer Grube eine Schiebebühne, die das leichte Heraus- und Hereinfahren der schweren Apparate ermöglicht. Im Mittelstockwerk sind die Ölschalter sowie der 6600 V-Überspannungsschutz und die Meßtransformatoren in zwei durch einen Gang getrennten Reihen untergebracht.

Im obersten Stockwerk befinden sich die Doppelsammelschienen sowohl für die 33 000 V- als für die 6600 V-Seite und die Meßzellen für die Zähler. Auf gleicher Höhe steht die 9feldrige Schalttafel mit Instrumenten und Apparaten für die Transformatoren und Abzweige.

Der Schnellregler für die Turbos ist ebenfalls auf einem dieser Felder untergebracht. Die Bedienungs- und Kontrollapparate bzw. Instrumente für die beiden Generatoren sind dagegen in Schaltpulten eingebaut, die vor der Schalttafel stehen und von dem erhöhten Podest aus den Blick über den Maschinensaal freilassen. Für jeden Generator ist ein besonderes Schaltpult vorhanden, ein zwischen beiden angeordnetes drittes Pult enthält die Instrumente für die Synchronisierung.

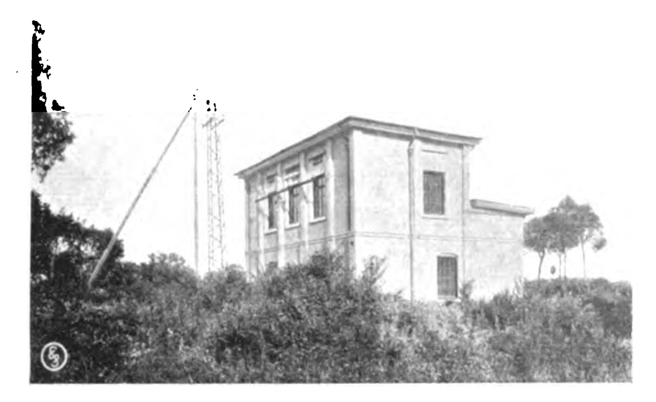


Bild 6. Umspannwerk bei Wusieh.

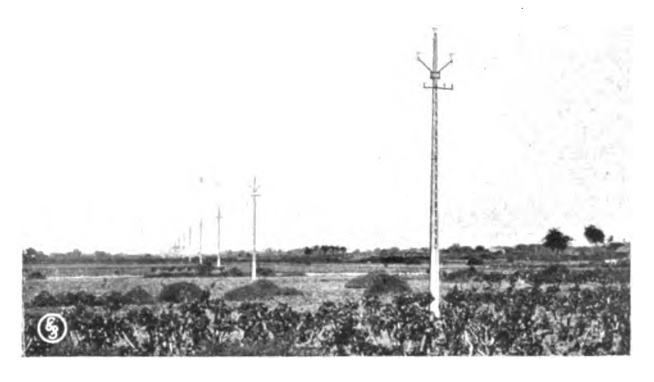


Bild 7. 33000 V- und 60000 V-Freileitung.

Die Ölschalter werden vorläufig von Hand bedient, und zwar die Generatorschalter von den Schaltpulten aus durch Steigbügelantrieb, die anderen Ölschalter von dem obenerwähnten Gange aus durch Handrad. Für den späteren Einbau einer elektrischen Betätigung von der Schaltbühne aus ist Vorsorge getroffen.

Über die Schaltanlage gibt im übrigen das beigefügte Schaltbild genügend Aufschluß (Bild 5).

Die Hauptumspannwerke für 30000/2300 V sind in der Grundschaltung und in ihrem äußerlichen Aufbau einander gleich. Ein unteres Stockwerk enthält die Ölschalter, das obere Stockwerk die 33 000 V- und 2300 V-Sammelschienen mit Trennschaltern (Bild 6).

Die Transformatoren und der Überspannungsschutz wurden in einem Anbau untergebracht. Instrumente und Bedienungsapparate sind direkt auf die Betonwand gesetzt worden.

Für die 33 000 V-Übertragung wurde Kupferleitung von 25 mm² Querschnitt gewählt, die auf in China hergestellten Eisenbetonmasten von 10,5 m Höhe verlegt worden ist. Der Mastabstand ist etwa 80 bis 90 m (Bild 7). Als Abspannmaste fanden in Abständen von 2,5 bis 3 km Eisengittermaste Verwendung (Bild 8).

Wenn auch die Gesamtanlage nichts Außergewöhnliches in ihrem Aufbau bietet und sie durch umfangreichere und kompliziertere Anlagen, z. B. in Japan, in den Schatten gestellt wird, so war sie doch als ein wertvoller Anfang für eine großzügigere Entwicklung der Elektrifizierung Chinas zu begrüßen.



Bild 8. Eiserner Mast und Transformatorstation Tsishuyen.

Ein zweites Überlandkraftwerk ähnlichen Umfanges konnte bereits im nordöstlichen China von den SSW in Ausführung genommen werden.

Die Laboratoriumsanlagen der Meßinstrumentenabteilung der Siemens & Halske A.-G.

Von Dr.-Ing. Manfred Schleicher, Meßinstrumentenabteilung der S. & H. A.-G.

(Schluß.)

Der Hochfrequenzraum, der gemeinsam für das Meßwandlerlaboratorium und das Laboratorium für technische Meßgeräte notwendig ist, um Wandler und Instrumente für die Mittel- und Hochfrequenztechnik auszubilden, enthält vor allem eine Maschine für 1000 und eine für 10 000 Per, die letzte für 20 kW Leistung. Um die von diesen Maschinen verursachten Erschütterungen vom Gebäude soweit wie möglich fernzuhalten, sind sie gemeinsam auf einem großen

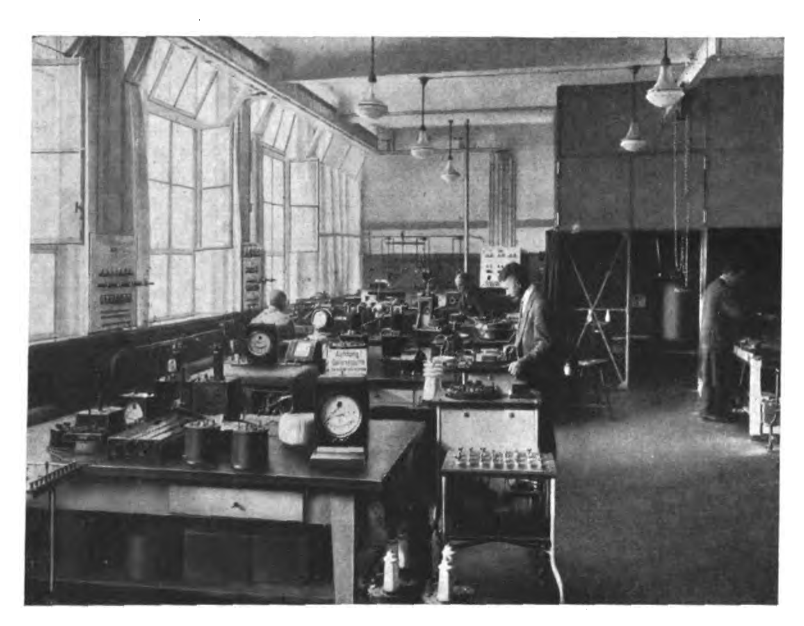


Bild 7. Das Laboratorium für Meßwandler.

Eisenbetonfundament aufgestellt, das auf einer gegen Erschütterungen isolierenden Tuchzwischenlage ruht. Eine Untersuchung ergab, daß die Erschütterungsübertragung tatsächlich äußerst gering war. Die Arbeitstische in diesem Raume, kräftige Wandkonsole, enthalten die nötigen Schwingungskreise und Funkenstrecken zur Erzeugung höherer Schwingungszahlen und die Feinregeleinrichtungen für die Maschinen. Die nötigen Überwachungsinstrumente sind an Wandarmen angebracht. Ferndrehzahlmesser von großer Genauigkeit, Spannungs- und Strommesser ermöglichen jederzeit, den Betriebszustand zu übersehen. Der Regelbereich der Maschinen ist sehr groß, weil die Anker der Gleichstrom-Antriebsmotoren bei voller Felderregung auch an die Hälfte und den vierten Teil der Betriebsnennspannung gelegt werden können. Man erzielt dadurch, ohne daß die Maschine teurer wird, einen stabilen Lauf auch bei sehr kleiner Drehzahl, was mit Vorwiderständen im Ankerkreis niemals hätte erreicht werden können. Die Maschinen, die grundsätzlich in den Maschinenraum gehört hätten, mußten im Versuchsraum untergebracht werden, weil sich die hochfrequenten Ströme nicht ohne eine kostspielige Spezialanlage auf 200 m Entfernung auch nur einigermaßen wirtschaftlich übertragen lassen und weil das häufig notwendige Umschalten der Ankerspannung bei Eichungen, die sich über einen großen Regelbereich erstrecken, nicht ohne verwickelte Fernumschalteapparate möglich ist.

Nimmt man zu den Regelbereichen dieser Maschinen die der im Maschinenraum befindlichen Maschinensätze hinzu, so kann man sagen, daß den Laboratorien ein kontinuierlicher Frequenzbereich von 3 bis 10 000 Per bei Leistungen von mindestens 5 kW zur Verfügung steht. Bedenkt man ferner noch daß auch Akkumulatorenströme der verschiedensten Spannung und Stärke in den Grenzen von 2 V bei 12 000 A und 1000 V bei 1 A zur Verfügung stehen, so kann man wohl sagen, daß nur wenige Laboratoriumsanlagen über eine so reichhaltige Ausstattung verfügen.

Neben dem Hochfrequenzraum liegt das Laboratorium für Meßwandler. Die Teilansicht, Bild 7, zeigt außer den Meßtischen im Hintergrund eine eigentümliche Aufstellung mehrerer Instrumente mit Spiegelablesung, wie Galvanometer, Elektrometer und Dynamometer. Die Ablesefernrohre sind sämtlich an einem wagerechten Rohrgestell befestigt, unter dem eine Tischfläche angebracht ist; auf ihr befanden sich die dazugehörigen Meßschaltungen. Der Platz unter den Spiegelinstrumenten ist durch einen niedrigen Schrank mit Schiebetüren ausgenutzt, in dem bei geschickter Raumausnutzung eine große Anzahl Präzisionsinstrumente mit Zubehör untergebracht ist. Außer dem rechts sichtbaren Käfig, der einen kleinen Hochspannungstransformator für 150 kV für die üblichen Messungen enthält, befindet sich hier noch ein Hochstromtransformator für 20 kW Leistung und 6000 A Dauerhöchststrom sowie selbstverständlich eine Meßeinrichtung nach Schering und Alberti zur Prüfung der Wandler auf Phasenfehler und Übersetzungsverhältnis. Der Flaschenzug, der ebenfalls im Bilde zu erkennen ist, ist eine Notwendigkeit, denn die modernen Wandler für Höchstspannungsanlagen haben Gewichte von mehreren Zentnern. Außer diesen Einrichtungen stehen dem Laboratorium die großen Hochspannungsräume der Fachwerkstätten für ihre Untersuchungen zur Verfügung.

Neben dem Wandlerlaboratorium liegt das Laboratorium für Relais und Oszillo-

graphen. Bild 8, das einen Teil des Laboratoriums zeigt, läßt vor allem einen Instrumentenbock erkennen, mit dem man sich, wie früher schon erwähnt wurde, eine ganze Schalttafel zusammenstellen kann. Hier werden die verschiedensten für Hochspannungsnetze, Transformatoren, Generatoren und Motoren verwendeten Schutzschaltungen gegen Erdschluß, Kurzschluß und sonstige Fehler entwickelt und geprüft. Netzmodelle dienen dazu, Höhe und Verlauf der Kurzschlußströme in Hochspannungsnetzen zu bestimmen, und auf einem Zählwerksstand kann man Relais mit ihren Kontakten viele tausend Male schalten lassen und nachher durch eine einfache Ablesung feststellen, ob Versager vorgekommen sind oder nicht.



Bild 8. Das Laboratorium für Oszillographen und Relais.

Dieses Laboratorium hat neben den üblichen Stromquellen noch einen Anschluß von 90 mm^2 Querschnitt, um die Kurzschlußfestigkeit der Relais prüfen zu können. Prüfungen mit besonders starken Strömen werden im Maschinenraum selbst vorgenommen, wo die Relais über eine kräftige Bleisicherung mit nur ganz kleinen Vorwiderständen an das Hauptkabel gelegt werden können. Die dabei auftretende Erwärmung wird oszillographisch durch Fernübertragung ermittelt. In Bild 8 ist noch ein Einrichtungsgegenstand für elektrotechnische Laboratorien zu erkennen, der heutzutage fast unentbehrlich geworden ist: der transportable Transformator mit vollständig kontinuierlicher Regelung. Das Bild läßt 4 Stück davon erkennen. Man kann aus solchem Transformator jede beliebige Spannung von 0 bis 220 V stets bei voller Nennstromstärke entnehmen.

Im Hintergrund des Bildes sieht man den Stand zur Entwicklung von Oszillographen. Dieser Raum läßt sich für Arbeiten an der Optik durch einen Friesvorhang vom übrigen Laboratorium genügend lichtdicht abschließen. Von diesem Raume gelangt man durch einen kleinen Vorraum in eine Dunkelkammer, die auch von außenher betreten werden kann, weil sie allen Laboratorien dienen soll. Eine selbsttätige Türverrieglung verhindert das Betreten des Vorraumes bei nicht geschlossener Dunkelkammertür, und die Vorraumtür läßt sich von innen nicht eher öffnen, als bis die Dunkelkammertür ebenfalls wieder geschlossen ist. Der Vorteil dieser Anordnung ist der, daß kein Rufen und Klopfen nötig ist, um festzustellen, ob in der Kammer gearbeitet wird, und daß beim Betreten der Kammer die Arbeiten der schon in der Kammer befindlichen Person nicht unterbrochen zu werden brauchen.

Dem Relaislaboratorium gegenüber liegt das Laboratorium für technische Meßgeräte.

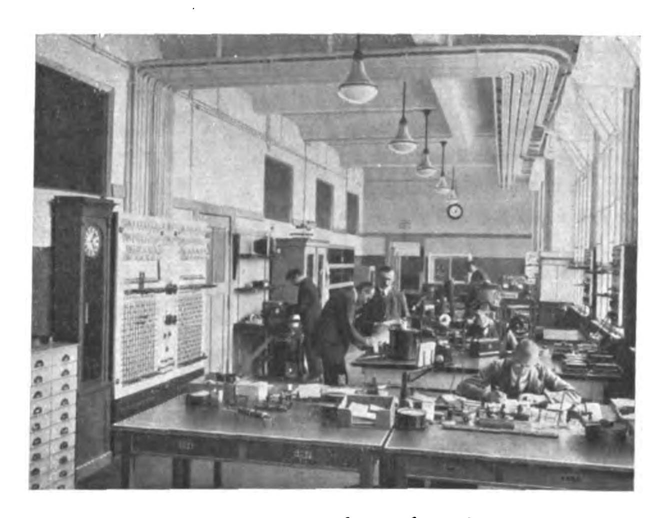


Bild 9. Das Laboratorium für technische Meßgeräte.

Es umfaßt zwei Räume. Bild 9 zeigt den allgemeinen Arbeitsraum, in dem besonders bemerkenswerte Einrichtungen nicht vorhanden



Bild 10. Teilansicht des Wärmelaboratoriums.

sind. Auf der linken Seite ist eine der schon erwähnten, in die Wand eingebauten Zwischenverteilertafeln zu sehen und im Hintergrund rechts ein Regal für die auf Einsatzbrettern befestigten technischen Handinstrumente. Die sorgfältige Verlegung der Zuführungsleitungen tritt in diesem Bilde besonders deutlich hervor, man erkennt die Art ihrer Anlage und die gut durchdachte Leitungsführung. Die Tür im Hintergrund führt in das Meßzimmer des Laboratoriums. Hier sind ein Gleichstromkompensator, ein Wechselstromkompensator, eine Wechselstrom-Meßbrücke und ein Oszillograph aufgestellt, auch werden hier die Bezugsnormalien des Laboratoriums aufbewahrt und ab und zu nachgeeicht.

Das Wärmelaboratorium liegt neben dem Laboratorium für technische Meßgeräte und gegenüber dem Feinmeßlaboratorium, mit welchen beiden es in enger Fühlungnahme steht; so werden im Feinmeßlaboratorium auch die elektrischen Meßinstrumente für das Arbeitsgebiet des Wärmelaboratoriums entwickelt.

Da hier sämtliche Meßapparate, soweit die Elektrizität bei ihnen verwendet wird und sie mit der Wärmewirtschaft zusammenhängen, durchgebildet werden, ist das Wärmelaboratorium in zwei Abteilungen geteilt. Die eine, die sogenannte physikalische Abteilung, befaßt sich mit den Apparaten für die Temperaturmessung, -reglung und -registrierung, die andere, die chemische, mit denen zur Prüfung der Zusammensetzung von Abgasen und von brennbaren Gasen, soweit diese für Feuerungen verwendet werden. Bild 10 zeigt einen Blick in die physikalische Abteilung, die durch eine Glaswand von der im Hintergrunde sichtbaren chemischen Abteilung getrennt ist.

Zur physikalischen Abteilung gehört noch ein optisches Zimmer, in dem außer einer besonders konstruierten optischen Bank zur Untersuchung der Lampen für optische Pyrometer ein Präzisionskompensator zur Messung kleiner elektromotorischer Kräfte und eine analytische Wage aufgestellt sind. Da dieser Raum verschiedenen Zwecken dient, ist er nicht, wie sonst üblich, schwarz gestrichen, sondern in einem stumpfen Rotgelb gehalten, das sich seit langen Jahren für solche optischen Räume gut bewährt und nicht so tot aussieht. Für die Verdunklungseinrichtungen wird ein in Schienen geführter Rollvorhang aus Gummituch verwendet; solche Vorhänge erweisen sich als vollkommen lichtdicht und sind doch leicht zu bedienen.

Entsprechend seinem Zweck ist der physikalische Raum mit einer großen Zahl von Gleichstrom-Niederspannungsanschlüssen und einem besonders stark bemessenen Wechselstrom-Netzanschluß für die Widerstandsöfen ausgestattet. Die Öfen für hohe Temperaturen sind als Kohlerohröfen und die für mäßige Temperaturen als Öfen mit Metallwiderständen als Heizkörper gebaut und werden lediglich durch Regeltransformatoren geregelt. Um die von den Öfen entwickelten Gase sofort aus dem Raum zu entfernen, sind über diesen große Ablufthauben angeordnet. Die Luft wird durch einen Ventilator abgesaugt. Die ebenfalls elektrisch geheizten Ölbäder und Salzschmelzen zur Eichung von Thermoelementen sind in einem besonders konstruierten Abzug, der an dieselbe Entlüftungseinrichtung angeschlossen ist, untergebracht. Der Abzug ist im Hintergrunde zu erkennen. Eine besondere Einrichtung für dieses Laboratorium sind fahrbare Eisentische mit Tischplatten, die aus Kacheln

zusammengesetzt sind; diese sind nötig, da viel mit kleineren, transportablen Öfen gearbeitet wird. Über den gefährdeten Punkten des Laboratoriums sind selbsttätige Feuermelder angebracht. Die chemische Abteilung unterscheidet sich von einem normalen anorganischen chemischen Laboratorium in der Hauptsache durch viele elektrische Anschlüsse und durch anormal große Abzüge mit besonders guter Ventilation. Der chemische Arbeitstisch ist den Spezialarbeiten besonders angepaßt. Blanke Messingteile, insbesondere Messinggriffe, sind vermieden, weil sie sich doch nicht ständig in tadellosem Zustand erhalten lassen. Ein elektrischer Warmwasserapparat liefert jederzeit warmes Spülwasser. Zu diesem Laboratorium gehört noch ein besonderes Zimmer für volumenometrische Messungen, bei denen bekanntlich nur möglichst geringe und langsame Temperaturschwankungen vorkommen dürfen.

Gegenüber dem Wärmelaboratorium liegt, wie schon erwähnt, das Feinmeßlaboratorium. Es hat, wie aus dem Grundriß, Bild 2, zu ersehen ist, verhältnismäßig sehr große Abmessungen, weil die Arbeiten höchster Genauigkeit sehr viel Sorgfalt und Zeit erfordern. Jedem Physiker ist bekannt, daß »die Jagd nach der nächsten Dezimale« außerordentlich langwierig und schwierig ist. Dieses Laboratorium zerfällt organisch in drei Teile: in das allgemeine Laboratorium, das Bild 11 zeigt (hier werden die Präzisionsmeßinstrumente, die Brücken, die Widerstände und die sonstigen Normalien entwickelt), den sogenannten Galvanometerraum, in dem die Spiegelgalvanometer untersucht werden, und den Eisenmeßraum, in dem sämtliche Apparate für die Eisenuntersuchungen durchgebildet werden. Bild 12 zeigt diesen Raum. Im Hintergrund sieht man ein ballistisches Galvanometer, in der Mitte des Raumes einen Tisch, an dem Köpselapparate untersucht und geeicht werden. Vorn rechts sieht man einige Eisenprüfapparate, die zur Prüfung bereitstehen.

Im allgemeinen Laboratoriumsraum sei vor allem auf die Aufhängung der Spiegelgalvanometer mit lotrechter Ablesung hingewiesen. Man erkennt ohne weiteres den geringen Platzbedarf, und die Tatsache, daß sie zwischen zwei Fenstern an einem schmalen Pfeiler untergebracht sind, deutet schon von selbst darauf hin, daß der Lichtzeiger sehr hell und markant ist. Tatsächlich ist man nur bei scharfer Mittagssonne im Hochsommer genötigt, die weißen Vorhänge zu schließen, um in der Ablesung nicht beeinträchtigt zu sein. Zu allen anderen Tageszeiten ist die schwarze Marke im Lichtfleck des Zeigers scharf genug, um noch die Viertelmillimeter schätzen zu können. Bild 11



Bild 11. Laboratorium für Feinmeßgeräte, Raum für allgemeine Arbeiten.

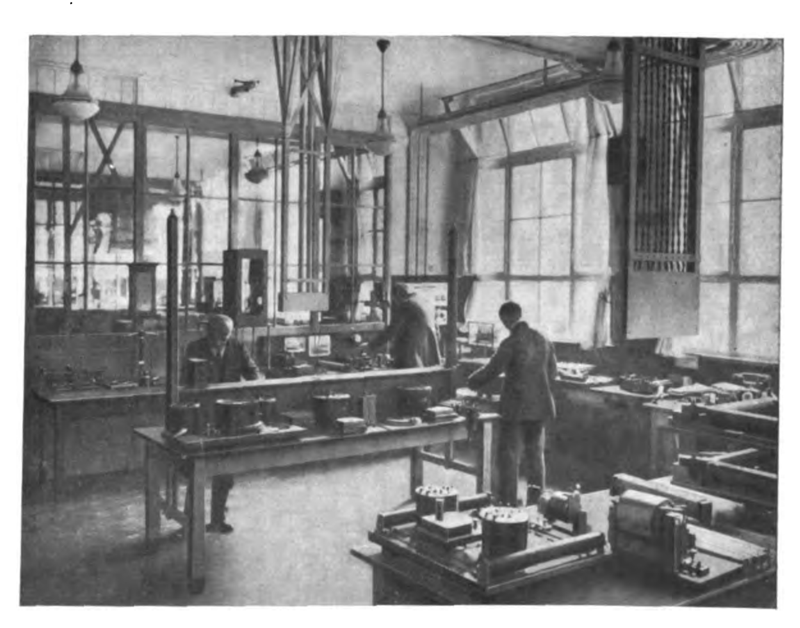


Bild 12. Laboratorium für Feinmeßgeräte, Untersuchungsraum für Eisenprüfapparate.

zeigt noch, wie man auch vor dem Fenster Anschlußtafeln anbringen kann, falls es nötig ist. Ein abnehmbarer Winkeleisenrahmen vor dem Fenster trägt in der Mitte eine Anschlußtafel und rechts und links Holzwände, um Schalttafelinstrumente, je nach Art des Versuches, anschrauben zu können. Im Hintergrunde sind in einer besonderen Kammer eine Spannungsbatterie für 700 V und eine Strombatterie für 200 A aufgestellt, als Stromquellen für den Präzisionskompensator. Die Gründe, warum nicht auch diese Batterien in den Kellerräumen untergebracht wurden, sind schon früher angegeben. Ferner sieht man in diesem Raume noch eine Konstruktion für Anschlußtafeln, die zu frei im Raum stehenden Arbeitstischen gehören. Grundsätzlich ist es ja möglich, die Stromanschlüsse zu frei stehenden Tischen durch den Fußboden heranzuführen, doch hat sich stets gezeigt, daß dies unzweckmäßig ist, weil jedes Verschieben des Tisches ausgeschlossen ist und die heraufgeführten Isolierrohre leicht zerstoßen oder zerfressen werden oder doch zum mindesten eine Schmutzecke abgeben.

Hiermit wären die Laboratorien, mit denen die Entwicklung der neuzeitlichen auf dem Markte befindlichen Meßinstrumente auf das engste verknüpft ist, im wesentlichen beschrieben. Leider konnte, um nicht zu weitschweifig zu werden, nicht auch noch auf die viele, große Sorgfalt erfordernde Kleinarbeit eingegangen werden, welche die Laboratoriumsbauabteilung des Wernerwerkes, die seit Jahren für das In- und Ausland, Hochschul- und Industrielaboratorien in großer Zahl ausführt, hierbei geleistet hat. Denn sie hat nicht nur die elektrischen Einrichtungen entwickelt, sondern auch die sonstigen Einrichtungsgegenstände entworfen und auch hier die reichen Erfahrungen verwertet, die sie sich durch dauerndes Zusammenarbeiten mit Laboratoriumsingenieuren und Hochschullehrern erworben hat.

Wahl des Kesseldrucks und der Turbinenart bei der Elektrifizierung von Zuckerfabriken unter Berücksichtigung einer Umstellung auf Druckverdampfung.

Von Dipl.-Ing. W. Heucke, SSW, Abteilung Zentralen.

Die schweren wirtschaftlichen Verhältnisse zwingen heute jedes Werk, nach Mitteln und Wegen zu suchen, die Betriebskosten auf ein Mindestmaß zu bringen. Vor allem ist es das Kohlenkonto, das man nach Möglichkeit zu verringern bemüht ist. In diesem Zusammenhange steht in chemischen Betrieben mit ihrem großen Heizdampfverbrauch die Ausnutzung des Fabrikationsdampfes zur Krafterzeugung im Vordergrunde. Die Zuckerfabriken haben zwar schon von Anfang an den großen Wert des gekuppelten Betriebes erkannt und in weitestgehendem Maße ausgenutzt. Trotzdem können aber in dieser Industrie durch Verbesserungen und Umstellungen noch erhebliche Kohlenersparnisse erzielt und die Wirtschaftlichkeit der Anlagen kann erhöht werden. Es sei hier nur an den Ersatz der bisher allgemein üblichen Vakuumverdampfstation durch eine Druckverdampferanlage und an die Elektrifizierung erinnert. Gerade die Elektrifizierung einer Zuckerfabrik, mit der unter Umständen eine gleichzeitige oder auch spätere Umstellung auf Druckverdampfung Hand in Hand gehen sollte, bringt so große betriebstechnische und auch wirtschaftliche Vorteile, daß in letzter Zeit immer zahlreichere Zuckerfabriken in Deutschland eine vollständige Elektrifizierung anstreben.

Erleichtert wird der Entschluß der Elektrifizierung dadurch, daß die Kraftanlagen der meisten Zuckerfabriken so veraltet sind, daß über kurz oder lang doch an eine Erneuerung gedacht werden muß.

Erfahrungsgemäß besteht aber noch vielfach Unklarheit darüber, ob bei einer Elektrifizierung unter Berücksichtigung einer Umstellung auf Druckverdampfung neue Kessel mit höherer Spannung, als bisher in Zuckerfabriken üblich, angeschafft werden müssen. Selbstverständlich kann diese Frage nicht allgemein beantwortet werden, da die Verhältnisse in den Zuckerfabriken im allgemeinen stark voneinander abweichen. In vielen Fällen wird es aber bei einer Elektrifizierung durch die Schaltung der

Turbine auf den Saftkocher und Verwendung einer hochwertigen Turbine möglich sein, ohne Neuanschaffung von Kesseln zunächst die Elektrifizierung unter Beibehaltung der Vakuumverdampfung durchzuführen und erst später die Umstellung auf Druckverdampfung vorzunehmen.

Um eine Vergleichsrechnung zu ermöglichen, sei zuerst kurz die Dampfanlage einer Rohzuckerfabrik, wie sie heute vielfach anzutreffen ist, skizziert. Die Rübenverarbeitung betrage täglich 20 000 Zentner oder bei einer 72tägigen Kampagne 1 440 000 Zentner. Das Schema der Dampfzufuhr und Brüdendampfentnahme ist in Bild 1 wiedergegeben. Die hierin enthaltenen Zahlen geben den Dampfverbrauch der einzelnen Stationen in kg, bezogen auf 100 kg Rübenverarbeitung, wieder. Die Frisch- und Abdampfmengen sind auf Sattdampf bezogen. Es werden somit für je 100 kg Rüben benötigt:

Maschinendampf . . . . 29 kg
Frischdampf . . . . 26 „

außerdem:

Für Anwärmung des Dünnsaftes auf Siedetemperatur des Saftkochers . . . . 2 kg
Für Abkühlungsverluste:
a) in den Körpern usw. . . . 5 „
b) in den Rohrleitungen zu und von den Maschinen 6 „

Summe: 13 kg 13 „
insgesamt: 68 kg

Mit einer stündlichen Rübenverarbeitung von etwa 41 700 kg beläuft sich der gesamte Verbrauch an Fabrikationsdampf auf 29 t/h. Hiervon stehen zur Deckung des Kraftbedarfes der Zuckerfabrik, der im Mittel 600 kW betragen wird, im Gegendruckbetriebe stündlich etwa 13,75 t Dampf zur Verfügung.

Infolge der großen Entfernungen zwischen dem ersten Körper der Verdampfstation und den in der ganzen Fabrik verstreut stehenden Dampfmaschinen wird der Gegendruck der Maschinen mindestens 2,5 at abs. betragen müssen, wenn der Heizdampfdruck im ersten Körper 1,7 at abs. entsprechend einer Temperatur von 115° C betragen soll. Da der thermodynamische Wirkungsgrad der vielen kleinen Dampfmaschinen im Mittel nicht über 65 v. H. liegt und der aus den Maschinen austretende Dampf

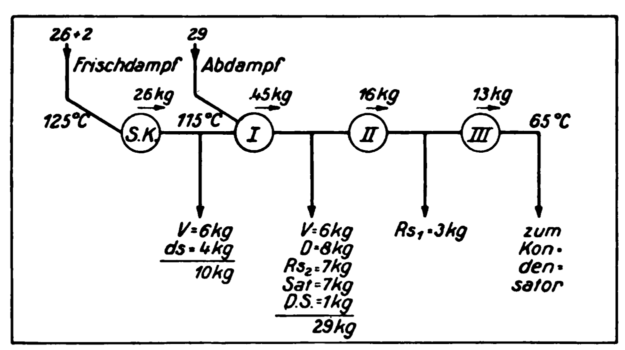


Bild 1. Schema der Vakuum-Verdampfstation.

nur schwach überhitzt sein soll, wird vor den Maschinen ein Druck von etwa 11 at abs. bei 225° C erforderlich. Dies bedingt unter Berücksichtigung der Entfernungen zwischen Kesselhaus und den einzelnen Maschinen einen Kesselhöchstdruck von 12 at bei 250° C. Einschließlich einer jeweiligen Produktionsreserve von etwa 15 v. H. werden somit bei einer mittleren spezifischen Kesselbelastung von 20 kg/m² 800 m² 12 at-Kesselheizfläche und 800 m² 5 at-Kesselheizfläche erforderlich.

Wir nehmen daher als Beispiel an, daß eine Zuckerfabrik zu elektrifizieren ist, die über 800 m² Kesselheizfläche bei 12 at verfügt und deren Verdampf- und Verkochstation wie in Bild 1 angegeben geschaltet ist. Es ist fast immer möglich, die Turbine infolge ihres geringen Platzbedarfs in der Nähe des Kesselhauses und der Verdampfstation unterzubringen. Daher kann man mit einem Druck vor der Turbine von 11,5 at bei 230° C und einem Gegendruck von 3,0 at rechnen. Wir legen den Gegendruck der Turbine mit 3 at fest und können nun mit dem Turbinenabdampf in den Saftkocher gehen. Eine hochwertige Turbine verbraucht unter diesen Umständen für die Leistung von 600 kW etwa 12,3 t/h, also noch 1,45 t weniger als die vorhandenen Dampfmaschinen. Somit stehen 29,4 v. H. Dampf a. R. am Saftkocher zur Verfügung. Allerdings ist infolge der guten Ausnutzung des Dampfes und der hochwertigen Turbine der Abdampf etwas feucht, so daß die Dampfmenge von 29,4 v. H. einer trocken gesättigten Dampfmenge von etwa 29 v. H. entspricht. Da diese Dampfmenge größer ist als diejenige, welche im jetzigen Betriebszustande in den Saftkocher geschickt wird und um außerdem bei Kraftschwankungen keinen Dampfverlust durch Ablassen eintreten zu lassen, wird

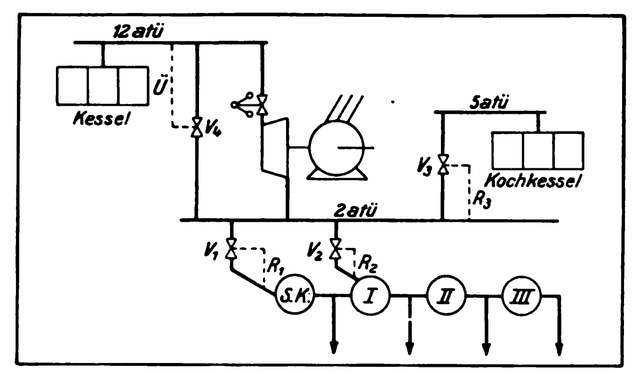


Bild 2. Schaltung der Turbine auf den Saftkocher.

man die Schaltung der Turbine nach Bild 2 vornehmen. Die beiden Reduzierimpulse R_1 und R_2, welche die ölgesteuerten selbsttätigen Ventile V_1 und V_2 beeinflussen, halten den Druck vor dem Vorkocher und dem ersten Körper konstant, während ein konstanter Druck in der Rückdampfleitung durch das Ventil V_3, das vom Impuls R_3 gesteuert wird, gesichert ist. Das vom Druck im 12 at-Netz gesteuerte Ventil hält bei einem Minderkraftverbrauch (Abstellen der Rübenwäsche zwecks Reinigung usw.) Dampfschwankungen von den 12 at-Kesseln fern und überträgt sie auf die Kochdampfkessel. Hervorzuheben ist, daß die von den Hochdruckkesseln zu erzeugende Dampfmenge geringer ist als die im jetzigen Betriebszustande zu erzeugende, so daß eine Neuanschaffung von Kesseln nicht erforderlich ist.

Der Vorteil der in Bild 2 wiedergegebenen Schaltung und der Aufstellung einer hochwertigen Turbine besteht darin, daß man in derartigen Fällen ohne Neuanschaffung von Kesseln oder Umbeschaufelung von Turbinenrädern zur Druckverdampfung übergehen kann. Zwar findet in Deutschland die Druckverdampfung noch vielfach Ablehnung. Bei der Elektrifizierung einer Zuckerfabrik aber sollte man sich auf keinen Fall der Möglichkeit berauben, später doch einmal zur Druckverdampfung übergehen zu können, um die Verdampfung wirtschaftlicher zu gestalten.

Soll nun in der oben skizzierten Rohzuckerfabrik die Vakuumverdampfstation durch eine Druckverdampferanlage ersetzt werden, so werden sich folgende Verhältnisse ergeben. Da man mit einem Druck von 3,25 at abs. am ersten Körper der Druckverdampferanlage rechnen kann, wird der Gegendruck der Turbine 3,75 at abs. betragen müssen. Mit dem gleichen Dampfzustand der Turbine wie oben errechnet sich der Kraftdampfverbrauch für eine mittlere Leistung von 600 kW zu etwa 14 t/h. Diese Dampfmenge liegt noch mit genügender Sicherheit unter dem Gesamtdampfbedarf der Druckverdampferstation, selbst dann, wenn man nur mit 42 v. H. Dampf für die Verdampfstation rechnet. Auch die Belastung der 12 at-Kessel ist nur so wenig gegenüber dem jetzigen Betriebe gestiegen, daß man praktisch auch nach Einführung der Druckverdampfung ohne Neuanschaffung von Kesseln mit der gleichen Produktionsreserve in der Kesselanlage rechnen kann.

Selbstverständlich hätte man im ersten Ausbau, also bei Elektrifizierung unter Beibehaltung der Vakuum-Verdampfstation, die Turbine auch auf den ersten Körper schalten können. Doch würde dann nach Einführung der Druckverdampfung eine Umbeschaufelung der letzten Räder der Turbine erforderlich werden, damit die Turbine auch nach der Erhöhung des Gegendruckes die zur Verfügung stehenden Dampfmengen mit höchstem Wirkungsgrad verarbeitet.

Nun gibt es aber viele Zuckerfabriken, und zwar sowohl Roh- als auch Weißzuckerfabriken, die im augenblicklichen Betriebszustande nur über Kessel mit einem niedrigeren Druck als 12 at zur Versorgung der Maschinen verfügen. Hier wird bei einem Übergang auf Druckverdampfung die Neuanschaffung von Kesseln mit höherer Spannung in den meisten Fällen nicht zu umgehen sein. In der Regel ist aber in derartigen Zuckerfabriken die Kesselanlage so alt, daß sie doch innerhalb kurzer Zeit ersetzt werden muß. Auch in solchen Fällen wird man, wenn zunächst die Einführung der Druckverdampfung noch nicht ins Auge gefaßt ist, den Kesseldruck so wählen, daß ein späterer Übergang auf Druckverdampfung keine Schwierigkeiten bereitet.

Bei der Wahl des Kesseldruckes sind nun einmal rein fabrikationstechnische Forderungen zu berücksichtigen, die darin bestehen, daß der Maschinenabdampf nur wenig überhitzt sein darf und die Abdampfmenge noch mit genügender Sicherheit unter dem Fabrikationsdampfverbrauch liegen muß. Von den sich

innerhalb dieser Grenzen bietenden Möglichkeiten wird aber in jedem Falle diejenige Anlage vorzuziehen sein, die den geringsten Kapitalaufwand erfordert.

Eine genaue Durchrechnung mehrerer Anlagen hat gezeigt, daß eine neue Kraftanlage mit hochwertiger Turbine trotz des höheren Turbinenpreises immer billiger ist als jede andere Anlage mit einfacherer Turbine.

Denn einmal wird bei gleichem Druck und verschiedenen Temperaturen des Dampfes vor der Turbine, aber gleichen Abdampftemperaturen die erforderliche Kesselheizfläche der Anlage mit einfacherer Turbine infolge des größeren spezifischen Dampfverbrauches größer und damit teurer werden als diejenige bei Aufstellung einer hochwertigen Turbine.

Zum anderen wird bei gleichem spezifischen Dampfverbrauch der Turbinen der Kesseldruck der Anlage mit einfacher Turbine höher sein müssen als derjenige bei Aufstellung einer hochwertigen Turbine.

Wie Bild 3 zeigt, wird bei gleichen Verhältnissen und gleichem Wärmeinhalt des Frischdampfes z. B. ein Turbinen-Anfangsdruck von 16,5 at abs. bei der hochwertigen Maschine und von etwa 21 at abs. bei einer Turbine, für die eine einfache Bauart gewählt wurde, notwendig. Die Kesseldrücke werden hierbei 17 at bzw. 22 at betragen müssen. In beiden Fällen überwiegt der Mehrpreis der Kesselanlage den Mehrpreis für die hochwertige Turbine.

Also auch wenn eine neue Kesselanlage angeschafft werden muß, wird man, um die billigste Gesamtanlage zu bekommen, sich für eine hochwertige Turbine entscheiden. Welcher Kesseldruck ist hierbei zu wählen?

Es wurde oben nachgewiesen, daß man bereits mit einem Kesseldruck von 12 at gut auskommen kann, wenn der Kraftbedarf im Mittel 1,4 kW beträgt.

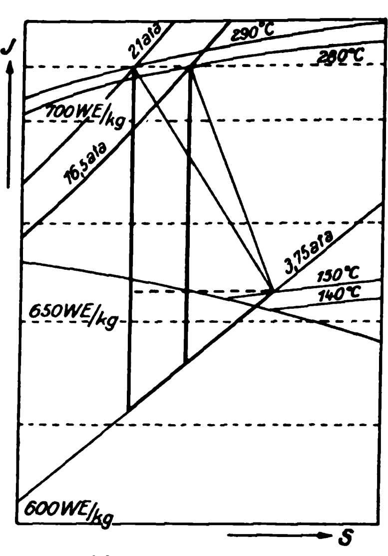


Bild 3. J—S-Diagramm.

Bei freier Wahl würde man sich für einen höheren Druck entschließen, um die Anlagekosten zu vermindern. Es zeigt sich nämlich, daß die Gesamtkosten der Anlage mit zunehmendem Kesseldruck wegen Verminderung der notwendigen Kesselheizfläche abnehmen, und zwar erheblich bis zu einem Druck von 15 at, dann allerdings nur noch wenig wegen des Mehrpreises für zunehmenden Druck. Da die Kessel bis zu 400 m² Heizfläche nur von 25 zu 25 m² abgestuft hergestellt werden, wird die Steigerung des Kesseldruckes aber nur dann zu einer Verminderung der Anlagekosten führen, wenn sie die Aufstellung der nächst kleineren Kesselgröße erlaubt.

Hieraus folgt, daß ein wirtschaftlichster Kesseldruck nicht eindeutig angegeben werden kann, daß er vielmehr nach den Verhältnissen des Werkes bei etwa 20 bis 25 at liegen wird.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß für Zuckerfabriken bei einer Elektrifizierung nur eine hochwertige Turbine in Frage kommt, da sie bei Übergang auf Druckverdampfung entweder die Anschaffung von neuen Kesseln überhaupt unnötig macht oder aber die Kosten für die Neuanlage auf ein Mindestmaß bringt.

Neue Läuferkonstruktion für Wechselstrom-Synchronmaschinen

Von B. Kaufmann, Oberingenieur im Dynamowerk der SSW.

Kolbenkraftmaschinen, wie Dampf-, Gas- und Dieselmaschinen, erfordern Schwungmassen, damit ihr Ungleichförmigkeitsgrad den Wert nicht überschreitet, der zur einwandfreien Reglung der Maschinen notwendig ist. Diese Schwungmassen sind um so größer, je geringer die Antriebstaktzahl der Maschinen ist. Werden von Kolbenkraftmaschinen Wechselstrom-Synchronmaschinen betrieben, so muß der Ungleichförmigkeitsgrad genügend klein sein, damit Lichtflimmern und unzulässige Periodenschwankungen vermieden werden.

Parallellaufende Wechselstrommaschinen, die mit ihren Antriebsmaschinen direkt zusammen-

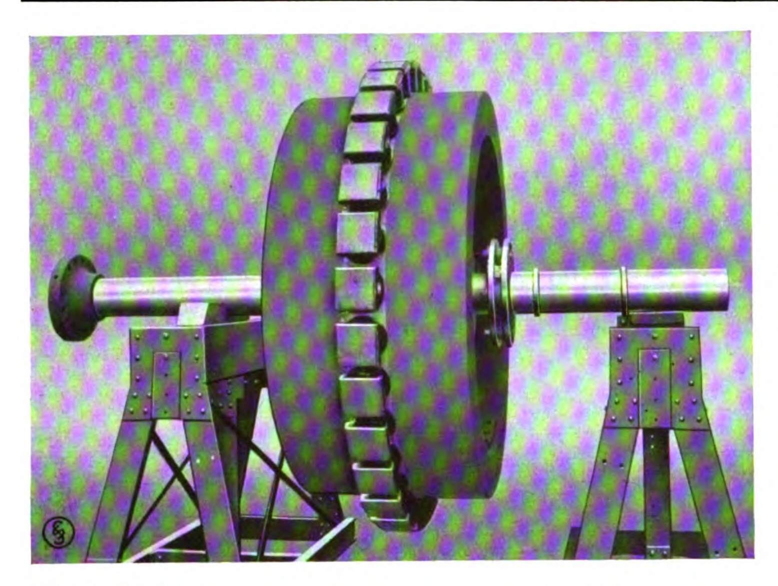


Bild 1. Läufer in bisheriger Ausführung mit großen Schwungmassen.

gebaut sind, vergrößern nun durch das ihnen eigentümliche Mitschwingen den Ungleichförmigkeitsgrad, so daß für solche Antriebsmaschinen ein viel geringerer Wert für den Ungleichförmigkeitsgrad vorgesehen werden muß, als es der Einzelbetrieb erfordert hätte.

Bild 2. Läufer in neuer Ausführung mit großen Schwungmassen.

Es müssen mithin für die benötigten Schwungmassen erhöhte Werte gewählt werden, damit der Ungleichförmigkeitsgrad genügend klein bleibt.

Antriebsmaschinen, die im Viertakt arbeiten, bedingen nun häufig noch größere Schwungmassen, damit die Vergrößerung des Ungleichförmigkeitsgrades durch die Rückwirkung der Synchronmaschinen auf den Viertakt ihrer Antriebsmaschine nicht unzulässig wird.

Bei der Wahl der Größe der Schwungmassen ist weiter zu berücksichtigen, daß das genannte Mitschwingen der Synchronmaschinen in mäßigen Grenzen bleiben muß, weil sonst unzulässig hohe Leistungsschwankungen auftreten.

Mit Rücksicht auf Einfachheit des Aufbaues wird meistens verlangt, daß die erforderlichen Schwungmassen im Läufer der Synchronmaschinen untergebracht werden. Die Ausführung

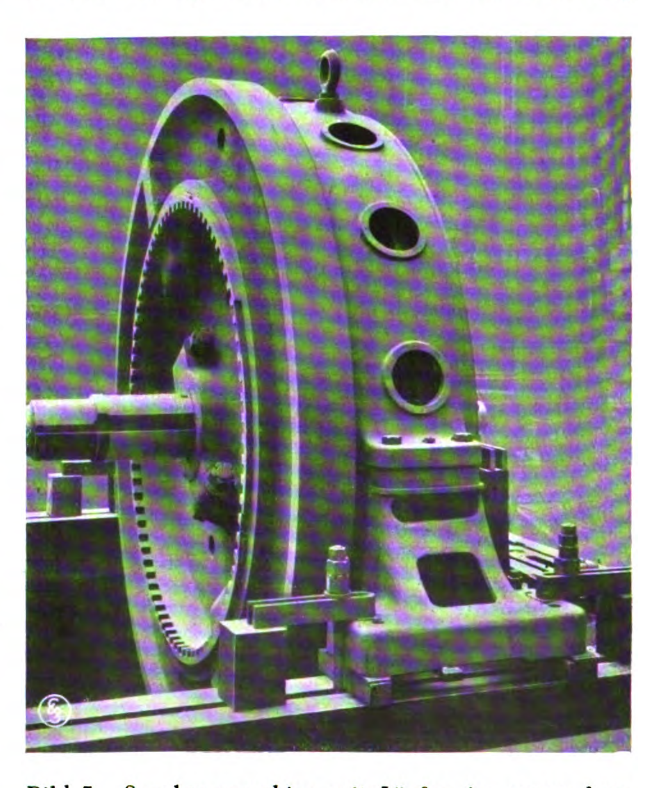


Bild 3. Synchronmaschine mit Läufer in neuer Ausführung mit großen Schwungmassen.

des Maschinensatzes mit einem besonderen Schwungrad neben der Synchronmaschine wird vielfach verworfen, weil bei dieser Anordnung

Torsionsschwingungen der Welle auftreten können, die schon mehrfach zu Wellenbrüchen geführt haben.

Der Einbau der Gesamtschwungmassen im Läufer der Synchronmaschinen führt nicht selten zu großen Breiten und schweren Gewichten der Läufer, wenn auch die Synchronmaschinen mit größtmöglichem Durchmesser ausgeführt werden. Eine derartige Ausführung zeigt Bild 1. Das für Parallelbetrieb und einwandfreie Reglung der Antriebsmaschine erforderliche Schwungmoment ist das 3fache des geringsten Schwungmomentes des Läufers. Diese Erhöhung des Schwungmomentes zieht eine Erhöhung des Gewichts des Läufers auf das 3fache nach sich.

Durch eine andere Formgebung des Läufers der Synchronmaschine, die in den Bildern 2 und 3 dargestellt ist, bedingt der 3fache Wert des geringsten Schwungmomentes nur eine 1,7fache Gewichtsvergrößerung. Im ersteren Falle beträgt mithin das zusätzliche Gewicht des Läufers 200 v. H. und im zweiten Falle nur 70 v. H. Es tritt also bei der Läuferkonstruktion nach den Bildern 2 und 3 eine erhebliche Materialersparnis ein, die noch durch geringere Abmessungen der Lager und der Welle erhöht wird. Außer der Verbilligung, welche die Maschinen durch die beträchtliche Materialersparnis erfahren, ergibt sich als weiterer Vorteil Ermäßigung der Frachtkosten, sowie bei Auslandslieferungen Ermäßigung der Zollkosten.

Läufer nach Bild 1 werden die Belüftung der Wicklungen der Synchronmaschinen behindern, wenn nicht besondere Maßnahmen hiergegen getroffen werden. Die Belüftung der Läufer nach Bild 2 und 3 zeigte sich dagegen als sehr wirkungsvoll.

Magnetische Messungen in Betrieben

Von Dr. K. W. Kögler, Meßinstrumenten-Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Allgemeines. Da Eisen und Stahl im Verhältnis zu anderen Metallen, z. B. Kupfer und Messing, billig sind, werden sie von Laien meist als minderwertiges Material angesehen. Die meisten ahnen nicht, wie vielseitig die Eigenschaften von Eisen und Stahl je nach Behandlungsweise und Gehalt an oft nur geringen Beimengungen sind, wie schwer es oft ist, für bestimmte Zwecke die geeignete Qualität zu beschaffen, insbesondere, wenn es gilt, die magnetischen Eigenschaften auszunutzen. Auf diese haben auch geringfügige Verunreinigungen und die Wärmebehandlung bei der weiteren Verarbeitung ausschlaggebenden Einfluß, so daß trotz scheinbar genauer Einhaltung der chemischen Zusammensetzung die gewünschte Qualität oft nicht erhalten wird. Nur durch direkte Untersuchung der magnetischen Eigenschaften erhält man Klarheit über die Qualität. Erzeuger und Verbraucher müssen daher über die notwendigen Einrichtungen verfügen.

Wenn man von einigen Spezialuntersuchungen absieht, handelt es sich meist um die Bestimmung der Magnetisierbarkeit, des Verhältnisses von Induktion $\mathfrak{B}$ und magnetisierender Kraft $\mathfrak{H}$, und der Magnetisierungsarbeit, also des Energieverlustes bei zweimaliger Umkehrung des Feldes. Die erste ist gegeben durch die sogenannte jungfräuliche Kurve oder die Kommutierungskurve, die man durch Bestimmung der Induktion bei allmählich von Null zunehmender Feldstärke erhält, die Magnetisierungsarbeit durch die sogenannte Hysteresisschleife, bei deren Bestimmung man vom Höchstwert der Magnetisierung ausgehend die Feldstärke allmählich bis auf Null abnehmen, dann in umgekehrter Richtung wieder bis zum Höchstwert ansteigen läßt und diesen Vorgang noch einmal wiederholt, bis man wieder den ersten Höchstwert erreicht hat. Da die Induktionen bei zunehmender Feldstärke kleiner sind als bei abnehmender, ist ein Energieverlust eingetreten.

In Bild 1 ist Kurve O M die jungfräuliche Kurve, der geschlossene Kurvenzug

$$M\,R\,K\,M_1\,R_1\,K_1\,M$$

die Hysteresisschleife. Die von dieser umschlossene Fläche ist ein Maß für den Energieverlust beim Durchlaufen des ganzen Kreisprozesses, wie er bei Wechselstrom-Magnetisierung während einer Periode auftritt.

Zu den Hysteresisverlusten kommen noch weitere hinzu, die von den Abmessungen und der elektrischen Leitfähigkeit des Materials ab-

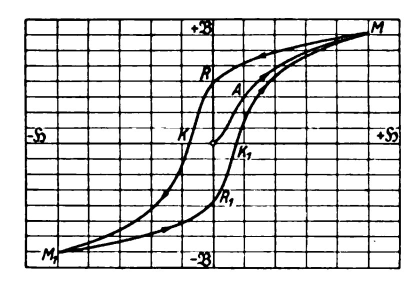


Bild 1. Magnetisierungskurve.

hängen. Jede Änderung der Kraftlinienzahl erzeugt in einem umgebenden Leiter senkrecht zum Feld Wirbelströme, wodurch ein Energieverlust eintritt. Hysteresis- und Wirbelstromverluste setzen sich in Wärme um, so daß dadurch der Transformator oder die Maschine erwärmt werden. Material für solche Zwecke muß man daher auf die Gesamtverluste hin untersuchen.

Absolute Messungen mit dem ballistischen Galvanometer. Bei Aufnahme der Magnetisierungskurven ist die Induktion 𝔅 und das Feld ℌ zu bestimmen. Die Messung der Induktion macht keine großen Schwierigkeiten. Man kennt mehrere hinreichend genaue Verfahren. Die Feldstärke ℌ aber kann durch Messung nur schlecht erfaßt werden, so daß man in den weitaus meisten Fällen darauf angewiesen ist, sie zu berechnen. Man benutzt fast immer das Feld einer stromdurchflossenen Spule oder einer direkt auf die Probe aufgebrachten Wicklung. Das Feld der Spule ist proportional der Stromstärke und der Windungszahl für 1 cm Spulenlänge. Streng genommen gilt diese einfache Beziehung nur für eine im Verhältnis zu ihrem Durchmesser sehr lange Spule oder für die Wicklung einer homogenen Probe in Form eines schmalen Ringes überall gleichen Querschnitts. Für absolute Messungen gibt man daher der Probe Ringform und muß die Wicklung jedesmal neu herstellen, oder man verwendet lange Spulen, wobei jedoch das Feld durch die Probe verzerrt und durch die Rückwirkung der freien Pole (Entmagnetisierung) geschwächt wird. Um bei der langen Spule ein homogenes Feld im Innern der Probe zu erhalten und die Entmagnetisierung durch ein Korrektionsglied berücksichtigen zu können, muß die Probe die Form eines langgestreckten Ellipsoids erhalten.

Da das magnetometrische Verfahren, das die Fernwirkung der magnetisierten Probe auf eine Magnetnadel benutzt, wegen der Empfindlichkeit gegen magnetische Störungen in Betriebslaboratorien kaum brauchbar ist, wird die zu dem berechneten Feld ℌ gehörige Induktion 𝔅 nach dem ballistischen Verfahren gemessen. Zu diesem Zwecke wird noch eine zweite dünndrähtige Wicklung möglichst nahe um die Probe gelegt und ein ballistisches Galvanometer entsprechender Empfindlichkeit daran angeschlossen. Der Ausschlag des Galvanometers ist proportional der Änderung der Kraftlinienzahl, so daß diese daraus berechnet werden kann.

Zur Änderung der Empfindlichkeit des Galvanometers ist hierbei kein gewöhnlicher Nebenwiderstand verwendbar, da die ballistische Konstante des Galvanometers vom Schließungswiderstand abhängt, dieser also konstant gehalten werden muß. Außerdem ist die Forderung zu erfüllen, daß sich der Gesamtwiderstand des sekundären Stromkreises nicht ändert. Dieses läßt sich nur für einen bestimmten Widerstand des Kreises erreichen, man muß diesen daher durch einen Stöpselwiderstand entsprechend ergänzen. Der Magnetisierungsstrom wird einer hinreichend großen Batterie von etwa 30 V entnommen und mit Hilfe von Widerständen eingestellt. Diese müssen Feinreglung ermöglichen und doch wieder so groß sein, daß Stromstärken von wenigen Milliampere eingestellt werden können. Ein schlechter Kontakt, durch den die Stromstärke sich ändert, kann die ganze Meßreihe verderben. In dem Magnetisierungsstromkreis müssen außerdem ein Ausschalter, ein Stromwender und ein Präzisions-Strommesser eingeschaltet sein. Um die ballistische Empfindlichkeit des Galvanometers vor Beginn der Messungen bestimmen zu können, legt man die eine Wicklung eines Normals der gegenseitigen Induktion, z. B. von 0.01 Henry, durch einen Umschalter an Stelle der Spule in den Magnetisierungsstromkreis, während man das Galvanometer mit der zweiten Wicklung verbindet. Selbstverständlich ist auch in diesem Falle der Widerstand des Galvanometerkreises auf den Sollwert zu ergänzen.

Einen Meßplatz, der von der Siemens & Halske A.-G. unter Beachtung aller angeführten Punkte zusammengestellt ist, zeigt Bild 2.

Die Berechnung der Korrektion bei der Messung von Proben in Ellipsoidform in offener Spule, die Herstellung solcher Proben oder von Proben in Ringform machen große Schwierigkeiten. Man verwendet daher lieber stabförmige

Proben, die durch ein Eisenjoch großen Querschnitts aus Material hoher magnetischer Leitfähigkeit geschlossen sind (Bild 3). Bei der Berechnung des Feldes wird nur die Spulen- oder freie Stablänge eingesetzt.

Da es nicht möglich ist, den Jochwiderstand vernachlässigbar klein zu machen, ist die im Joch erhaltene Kurve zu korrigieren. Diese sogenannte Scherung wird mit Hilfe von Normalstäben, deren absolute Kurve bekannt ist, aufgenommen. Die Scherung ist der Betrag, um den die Feldstärke vergrößert oder verkleinert werden muß, um die absolute Kurve zu erhalten. Sie gilt immer nur für gleichartiges Material.

Betriebsmessung an stabförmigen Proben mit dem Magnetisierungsapparat. Bei betriebsmäßigen Messungen kommt es meist weniger auf besonders große, absolute Genauigkeit an. Dafür sind zwei andere Forderungen zu erfüllen: Raschheit der Messung und möglichst mechanisches Arbeiten, damit auch ungeschultes Personal die Untersuchungen durchführen kann. Da diese Forderungen mit einer ballistischen Einrichtung nicht zu erfüllen sind, wendet man andere Verfahren an. Die S. & H. A.-G. hat für diesen Zweck einen Apparat durchgebildet, bei dem in das Schlußjoch die Spule eines Dreh-

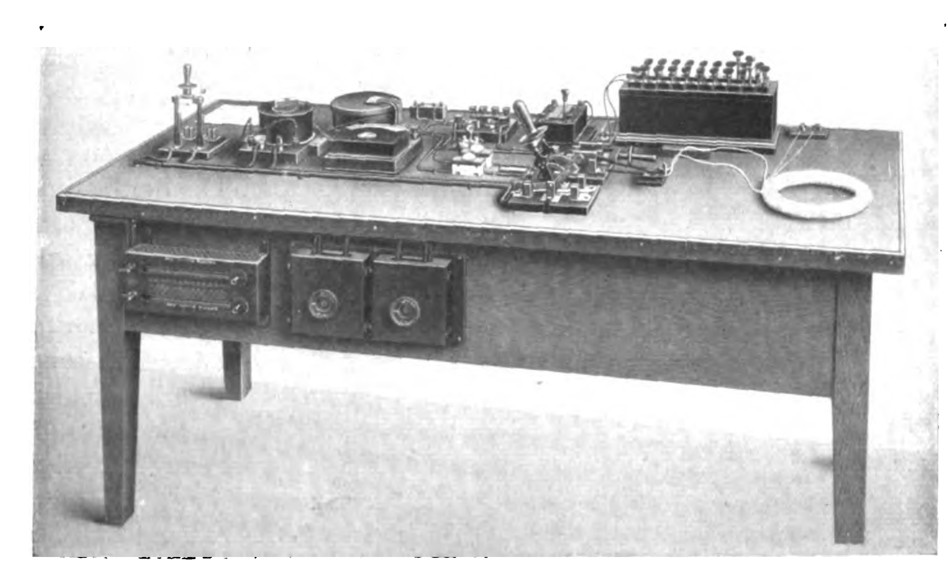


Bild 2. Ballistischer Meßplatz.

spulinstrumentes eingesetzt ist, die von einem Hilfsstrom durchflossen wird. Das magnetische Feld des Instrumentes wird durch die Magne-

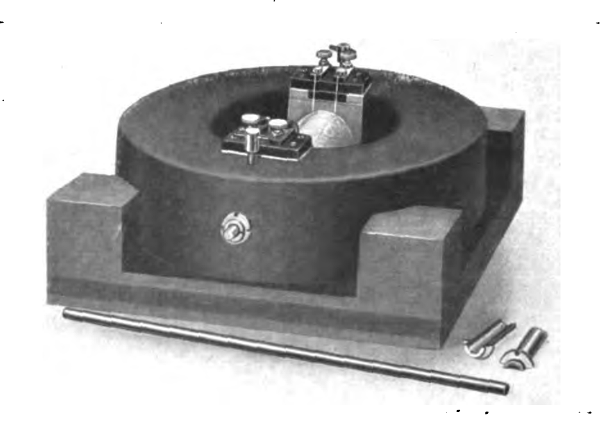


Bild 3. Schlußjoch für ballistische Messungen.

tisierung der Probe erzeugt. Die Magnetisierung der Jochstücke wird durch eine Gegenwicklung, die auf dem Joche selbst angebracht ist, aufgehoben. Der Ausschlag des Instrumentes ist daher proportional dem magnetischen Fluß in der Probe und, wenn man die Hilfsstromstärke dem Probenquerschnitt entsprechend einstellt, proportional der Induktion $\mathfrak{B}$. Die Wicklung der Magnetisierungsspule ist so gewählt, daß das Feld $\mathfrak{H}$ in Gauß gleich der hundertfachen Stromstärke in Ampere ist. Durch diese einfache Beziehung zwischen dem Felde und der Magnetisierungsstromstärke und durch die direkte Ablesung der Induktion ist rasches Arbeiten ermöglicht, so daß Fehlmessungen auch bei nur geringer Übung ausgeschlossen sind.

Die stabförmigen Proben, deren günstigster Querschnitt etwa $26\ mm^2$ (6 mm Durchmesser bei zylindrischen oder 5×5 mm bei Vierkantproben) bei einer Länge von 280 mm ist, werden in das Joch mittels geteilter Klemmbacken eingespannt.

Sind gehärtete Proben zu untersuchen, so macht das Einspannen in Klemmbacken oft Schwierigkeiten, da sich die langen Proben beim Härten verziehen. Man muß für diesen Fall die Probe anders einspannen, z. B. zwischen Vollbacken mit Hohlkugelschliffen an den Stirn-





Bild 4. Ansicht des Magnetisierungs-Apparates.

flächen, wobei die Enden der Proben entsprechende Kugelschliffe erhalten müssen. Die Stablänge ist dann nur 130 mm. Mit Hilfe dieser Anordnung läßt sich auch ein etwas gekrümmter Stab einwandfrei einspannen.

Der Hilfsstrom für die Spule und der Magnetisierungsstrom werden mittels Stufenwiderständen eingestellt. Um mit nur einem Instrument für die Messung beider Stromstärken auszukommen, erhält dieses eine besondere Schaltvorrichtung mit den erforderlichen Nebenwiderständen und einem Ersatzwiderstand, der bei der Umschaltung an Stelle des Instrumentes in den Hilfsstromkreis eingeschaltet wird, so daß sich die einmal eingestellte Hilfsstromstärke nicht ändert. Den Hilfsstrom liefert eine 4 Volt-Batterie. Für den Magnetisierungsstrom verwendet man eine 6 Volt-Batterie, wenn ein Feld von 150 Gauß genügt, eine 12 Volt-Batterie, wenn ein Maximalfeld von 450 bis 600 Gauß

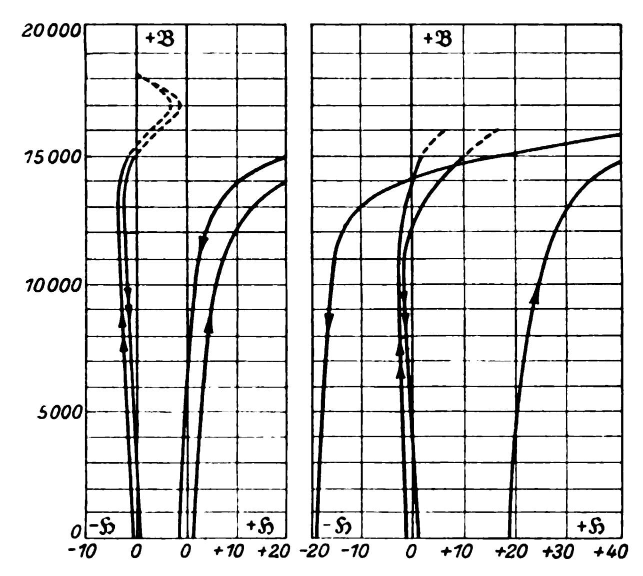


Bild 5. Teile von Magnetisierungskurven für Weicheisen und ungehärteten Stahl mit zugehörigen Scherungslinien.

erreicht werden soll. Kurzzeitig kann die Magnetisierungsspule auch 6 A vertragen.

Wie beim Joche weichen die mit diesem Apparat gefundenen Magnetisierungskurven etwas von den absoluten Kurven ab (vergl. Bild 5). Für praktische Messungen ist es aber meist unnötig, die geringe Scherung zu berücksichtigen. Da jedem Apparat ein Eisenblechbündel mit Magnetisierungs- und Scherungskurve und auf Wunsch noch ein Stahl- und ein Weicheisenstab mit den entsprechenden Kurven beigegeben werden, kann man für die meisten gebräuchlichen Materialien die Korrektion anbringen. Braucht man die Scherung für ein Spezialmaterial, so ist ein Probestab von mindestens 280 mm Länge der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg zur Aufnahme der absoluten Kurven einzusenden. Aus dem Unterschied dieser Kurven und der im Magnetisierungsapparat selbst aufgenommenen erhält man die Scherung für dieses Material.

Absolute Messungen zur Eisenblechprüfung. Durch die Messungen nach dem ballistischen Verfahren oder mit dem Magnetisierungsapparat können außer der Magnetisierbarkeit nur die Hysteresisverluste bestimmt werden. Bei Blechmaterial für Maschinenanker und Transformatorenkerne interessieren jedoch die Gesamtverluste, da von ihnen die Erwärmung und der Leerlaufverlust abhängen. Diese Verluste werden direkt mit einem Leistungsmesser bestimmt. Um gute Durchschnittswerte und genügend große Ausschläge am Leistungsmesser zu erhalten, muß man die Messung immer an größeren Blechmengen vornehmen.

Nach den Vorschriften des V. D. E. sollen für diese Messungen Proben in Blechpaketen von insgesamt 10 kg untersucht werden. Die Bleche werden in 30 mm Breite und 500 mm Länge zur Hälfte längs, zur Hälfte quer zur Walzrichtung geschnitten und, gleichmäßig gemischt, in 4 Pakete zu $2^1/_2$ Kilo, mit Papierisolation zwischen den einzelnen Blechstreifen, gepackt. Für die Messung spannt man die Proben im Viereck mit stumpfen Stoßfugen im Epsteinapparat zusammen. Dieser besteht aus 4 hintereinandergeschalteten Spulen mit 2 Wicklungen, einer starken Magnetisierungswicklung und einer schwächeren direkt auf den Spulenkörper gleichmäßig verteilten Spannungswicklung. Dadurch, daß die beiden Wicklungen getrennt sind, vermeidet man den Einfluß der Kupferverluste im Epsteinapparat selbst.

Den Strom liefert eine Spezialmaschine mit möglichst gutem Formfaktor und gleichmäßiger

Spannung. Die der gewünschten Induktion entsprechende Spannung berechnet man vorher. Sie ist proportional dem Formfaktor der Maschine, der Frequenz, der Windungszahl der Spannungsspulen, der gewünschten Induktion und dem Eisenquerschnitt. Weicht bei der Messung eine dieser Größen von dem der Rechnung zugrunde gelegten Wert ab, so erhält man falsche Ergebnisse. Es muß daher besonders auf Einhalten der Meßspannung und der Periodenzahl geachtet werden.

Der Querschnitt der Probe wird aus dem Gewicht und dem spezifischen Gewicht bestimmt. Für die spezifischen Gewichte ist für praktische Messungen nach den Vorschriften für jede Blechsorte ein Sollwert anzunehmen, der je nach der Legierung zwischen den Werten 7,8 und 7,55 liegt.

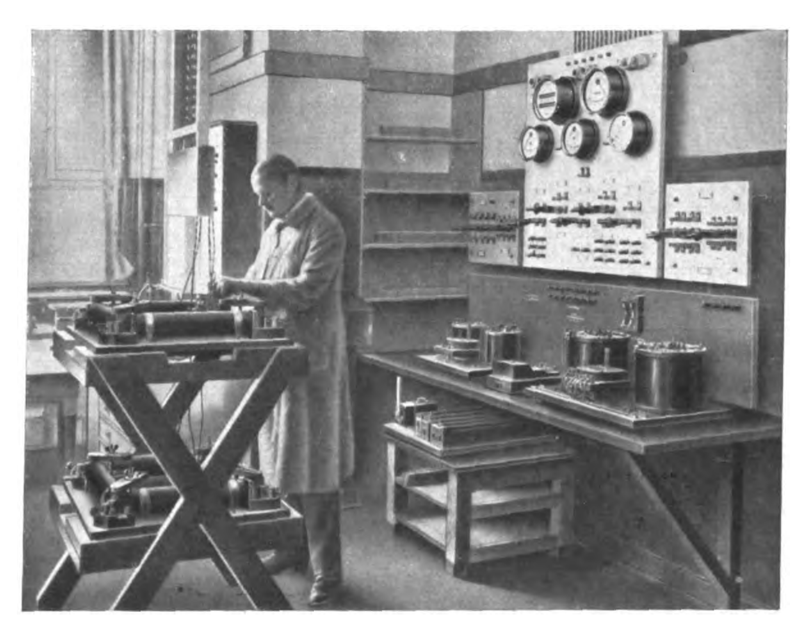


Bild 6. Einrichtung zur Eisenblechprüfung nach der Differentialmethode.

Die Spannung wird an der Sekundärwicklung des Epsteinapparates gemessen. An derselben Wicklung liegt auch die Spannungsspule des Leistungsmessers, während die Stromspule in den Magnetisierungsstromkreis eingeschaltet ist. Da der Verbrauch der Spannungsspule des Leistungsmessers und des Spannungsmessers mitgemessen wird, ist die Ablesung zu korrigieren.

Bei den früher angegebenen Verfahren zur Bestimmung der Magnetisierbarkeit wird immer nur eine verhältnismäßig kleine Menge Material untersucht. Da die Magnetisierbarkeit aber wegen verschiedener Einwirkung der Glühtemperatur und der Bearbeitung nicht nur innerhalb eines Blechstapels, sondern sogar innerhalb einer Tafel verschieden ist, muß man bei Prüfung von Eisenblechen auch die Bestimmung der Magnetisierbarkeit an größeren Proben vornehmen. Die Normalien für die Prüfung von Eisenblech schreiben daher auch für diese Untersuchungen die Verwendung von Epsteinproben vor. Da bei dem gewöhnlichen Epsteinapparat infolge der Stoßfugen und der Streuung das Feld nur annähernd berechnet werden kann, ist er für genauere Magnetisierungsmessungen nicht geeignet. Um auch solche zu ermöglichen, haben Gumlich und Rogowski den Epsteinapparat durch Hinzufügen besonderer Spulen abgeändert, die parallel zu den Seitenflächen der Probe in der Mitte der Spulen angeordnet sind und dazu dienen, die Feldstärke nach dem ballistischen Verfahren zu bestimmen. Als Instrument wird ein Zeigergalvanometer verwendet. Für die Messungen ist eine vollkommen konstante Spannung notwendig. Auch die Induktion mißt man mit Hilfe der Sekundärwicklung ballistisch mit einem Spiegelgalvanometer.

Betriebsmäßige Eisenblechprüfung. Da bei den Messungen so vielerlei zu beachten ist, nehmen die Untersuchungen selbst bei geübten Beobachtern längere Zeit in Anspruch, wenn sie auch nur annähernd genau sein sollen. Im geschäftlichen Leben ist aber Zeit Geld. Dies gilt ganz besonders für Hütten- und Walzwerke mit ihrem ununterbrochenen Betrieb. Die Arbeiten in der Prüfanstalt werden meist als unangenehmes Hindernis für den Betrieb empfunden, und doch sind diese Messungen unbedingt notwendig, da der Abnehmer auf Einhalten seiner Liefervorschriften bestehen muß. Auch der Verbraucher muß von der Lieferung mindestens Stichproben entnehmen und untersuchen, um sich vor Schaden zu bewahren, da sich Fehler sonst erst nach Fertigstellung der Apparate feststellen lassen. Da an Material nicht gespart werden kann, ist auch für ihn eine Ersparnis nur möglich, wenn die Prüfungen nach rasch zum Ziel führenden Verfahren erfolgen und auch ungelerntes Personal sie auszuführen vermag.

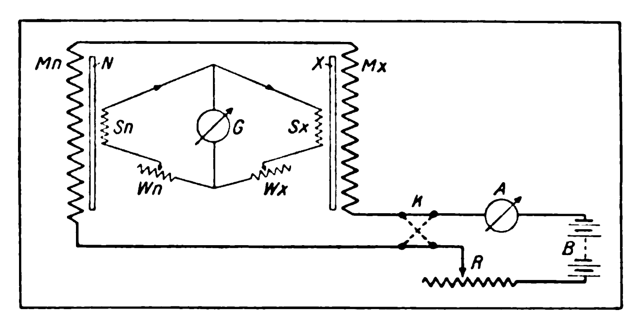


Bild 7. Differentialschaltung für die Bestimmung der Magnetisierbarkeit.

Die Siemens & Halske A.-G. hat ein Verfahren für Blechuntersuchungen ausgearbeitet, bei dem die Schwierigkeiten der absoluten Messungen vermieden sind und auch ein ungelernter Arbeiter mit mindestens der gleichen Genauigkeit wie bei der absoluten Methode messen kann.

Bei dieser „Differentialmethode" werden Magnetisierbarkeit und Verlustziffer durch Vergleich mit einer bekannten Normalprobe gleicher Qualität bestimmt, wobei jede der zu vergleichenden Proben in einen Epsteinapparat eingespannt wird.

Zur Bestimmung der Magnetisierbarkeit sind die Stromwicklungen der beiden Epsteinapparate hintereinander geschaltet, so daß die Felder in beiden Apparaten gleich sind. Die Stromrichtung ist so gewählt, daß die zehnfache Stromstärke in Ampere gleich der Feldstärke in Amperewindungen ist. In der Regel beschränkt man sich auf die Messung der vier vom V. D. E. vorgeschriebenen Induktionen, bei 25, 50, 100 und 300 AW. Der zugehörige Widerstandssatz ist so eingerichtet, daß man immer eine dieser Feldstärken mit einem Widerstand ohne Änderung der übrigen einstellen kann. Bei der Messung wird der Magnetisierungsstrom gewendet. Um auch bei der Höchststromstärke von 30 A bei 110 V Meßspannung funkenfrei wenden zu können, ist die Funkenstrecke des Wenders mehrfach unterteilt.

Die Sekundärwicklungen sind über je einen Stufenwiderstand gegeneinander geschaltet; die Verbindungspunkte beider Kreise werden durch ein ballistisch hochempfindliches Zeigergalvanometer überbrückt, wie es Bild 7 zeigt, in dem die Epsteinapparate durch Spulen dargestellt sind.

Der beim Wenden des Magnetisierungsstromes in den Sekundärwicklungen erzeugte Stromstoß und mithin der Ausschlag des ballistischen Galvanometers ist proportional der Induktion, aber umgekehrt proportional dem Widerstand des Kreises, gleichen Probenquerschnitt vorausgesetzt. Bei gleicher Kraftlinienzahl in beiden Proben und gleichem Widerstand der gegeneinander geschalteten Kreise heben sich die Stromstöße auf, das Instrument bleibt in Ruhe. Dasselbe geschieht bei ungleichen Induktionen, wenn sich diese wie die Widerstände verhalten. Wählt man den Widerstand des N-Kreises zahlenmäßig gleich der bekannten Induktion der N-Probe, so kann man nach Abgleichen mittels des Widerstandes im X-Kreise an diesem die Induktion der X-Probe ablesen.

Zur Bestimmung der Verlustziffer, d. h. des Gesamtverlustes für 1 kg des Materials, werden die Magnetisierungswicklungen der Epsteinapparate parallel an die gleiche Meßspannung gelegt (Bild 8).

Im Stromkreis jedes Apparates liegt die Stromspule des Meßwerkes eines Leistungsmessers, dessen Spannungsspule an die zugehörige Sekundärwicklung angeschlossen ist. Beide Meßwerke haben eine gemeinsame Achse, gleiche Empfindlichkeit, aber entgegengesetztes Drehmoment. Durch Widerstände im Spannungskreis läßt sich die Empfindlichkeit ändern, so daß auch bei verschiedenen Verlustziffern der Proben die Drehmomente gleichgemacht werden können, der Zeiger des Instrumentes also auf Null einspielt. Die Größe der Widerstände der Spannungskreise ist dann proportional den Verlusten in den beiden Proben. Man liest die gesuchte Verlustziffer am Widerstand des X-Kreises direkt ab, wenn der Widerstand des N-Kreises ziffernmäßig gleich der Verlustziffer der N-Probe gewählt ist. Der Meßstrom soll möglichst sinusförmig und von gleichmäßiger Spannung und Frequenz sein. Schwankungen dieser Größen haben aber bei der Differentialmethode bei weitem nicht den großen Einfluß wie bei der absoluten Methode. Bild 9 gibt ein Bild von den Fehlern bei schwankender Frequenz für die

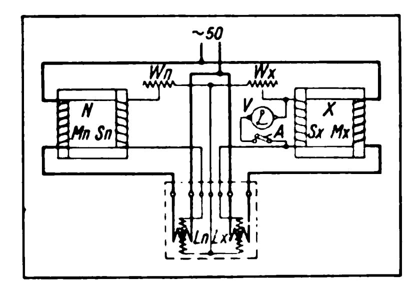


Bild 8. Differentialschaltung für die Bestimmung der Verlustziffer.

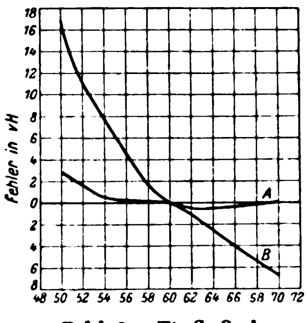


Bild 9. Einfluß der Frequenz.
Kurve A: Differentialmethode.
„ B: Absolute Messung.

Differentialmethode und für die absolute Methode, Bild 10 die Fehler für beide Methoden, wenn der Formfaktor von dem der Spannungsberechnung zugrunde gelegten Sollwert abweicht.

Aus diesen Kurvenbildern sieht man, daß auch bei beträchtlichen Abweichungen der Frequenz und bei schon stark verzerrter Spannungskurve, also erheblich von 1,11 abweichendem Formfaktor, die Fehler unter 1 v. H. bleiben.

Trotzdem kann man in Betrieben meist nicht an die Netzspannung anschließen, da diese infolge des Walz- und Kranbetriebes so stark schwankt, daß auch bei der Differentialmethode fehlerfreies Arbeiten unmöglich ist. Es empfiehlt sich daher in solchen Fällen, für den Wechselstrom einen Gleichstrom-Wechselstromumformer, dessen Generator gut sinusförmigen Strom liefert, vorzusehen. Die Antriebsspannung entnimmt man entweder einem zweiten Wechselstrom-Gleichstromumformer mit Synchronmotor oder im schlimmsten Fall einer Akkumulatorenbatterie. Für die Bestimmung der Magnetisierbarkeit braucht man ohnehin eine Gleichstromquelle mit nicht allzusehr schwankender Spannung.

Ein Hauptvorzug der Differentialmethode ist, daß nicht nur Frequenz- und Spannungsschwankungen in weiten Grenzen ohne Einfluß bleiben, sondern daß auch die Stoßfugen, die sonst eine Hauptfehlerquelle bilden, bei der Bestimmung der Magnetisierbarkeit als auch der Verlustziffer zu vernachlässigen sind, da sie bei beiden Proben ungefähr gleiche Größe haben und sich in ihrer Wirkung aufheben.

Die Handhabung der Apparate ist so einfach, daß die Untersuchung in wenigen Minuten erledigt ist. In der Praxis hat sich gezeigt, daß bis zu 80 Proben an einem Tage geprüft werden können, was einem Materialverbrauch von über 800 kg für die Herstellung der Proben entspricht.

Einem solchen Massenbetrieb sind die Epsteinapparate der alten Form nicht gewachsen. Auch würde zum Einspannen der Proben ein Vielfaches der Zeit der eigentlichen Prüfung nötig sein. Die Spulen der zur Einrichtung gehörigen Epsteinapparate erhielten daher an den Stirnflächen eine kräftige, an einer Stelle geschlitzte Bewehrung aus starkem Messingblech, als Gleitfläche für die Probe einen herausziehbaren Fiberstreifen, der nicht nur bei Probenwechsel das Herausnehmen der Pakete erleichtert, sondern auch die Innenwand der Spule schützt. Die Ecken sind vollkommen frei, wodurch die Einführung und die Beobachtung der Güte der Stoßfugen sehr erleichtert wird. Die Preßstücke der Einspannung wirken diagonal, und der Bedienende braucht nur die beiden ihm zunächst liegenden zu betätigen, während die beiden anderen bereits beim Einführen der Proben annähernd richtig eingestellt werden.

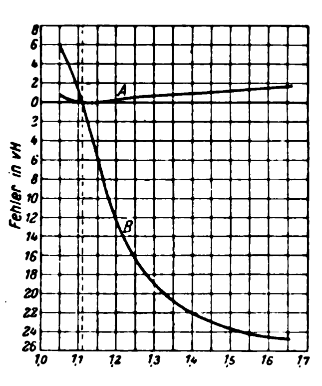


Bild 10. Einfluß des Formfaktors.
Kurve A: Differentialmethode.
„ B: Absolute Messung.

Bei den älteren Apparaten wurden für die Bestimmung der Verlustziffer die einzelnen Spulen mittels eines Steckers parallel geschaltet, um die Windungszahl und damit die Meßspannung herabzusetzen. Da bei Verschmutzen des Steckers oder nachlässigem Arbeiten die Stromverteilung in den einzelnen Spulen ungleichmäßig sein konnte, wodurch Fehlmessungen entstanden, wurde bei den neueren Apparaten auch bei der Verlustzifferbestimmung Reihenschaltung, aber nur mit einem Teil der Wicklung, angewendet. Durch eine neuartige Wickelart, bei der beide Enden der Wicklung außen liegen, ist die Gefahr des Durchschlagens bedeutend herabgesetzt. Es ist somit auch in dieser Hinsicht alles geschehen, um selbst bei der in Betrieben üblichen rauhen Behandlung dauerhafte, fehlerfreie Apparate zu erhalten.

Die Anwendung der Differentialschaltung ermöglicht es, mit viel empfindlicheren Instrumenten zu arbeiten, so daß noch Unterschiede zwischen Proben festgestellt werden können, die bei der absoluten Methode garnicht in Erscheinung treten würden. Die absolute Genauigkeit hängt daher nur von der Richtigkeit der verwendeten Normalprobe ab. Auf die einmalige absolute

Messung der Normalprobe kann man aber genügend Sorgfalt verwenden, so daß deren Werte so genau, wie es mit den bekannten Verfahren möglich ist, ermittelt werden können. Es empfiehlt sich, diese Untersuchungen von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt durchführen zu lassen. Durch die weite Verbreitung dieser nach der Differentialmethode arbeitenden Eisenprüfeinrichtungen ist bereits bewiesen, daß bezüglich Raschheit und Genauigkeit der Messungen die Anforderungen der Praxis erfüllt werden.

Tieftemperaturverkokung der Kohle[1)]

Mitgeteilt von der „Allkog" Allgemeine Kohleverwertungs-Ges. m. b. H.

Als vor einigen Jahren die Gelsenkirchener Bergwerks-Aktiengesellschaft und die Siemens-Schuckertwerke G. m. b. H. in der Erkenntnis der Wichtigkeit der Frage der Verschwelung die verschiedenen auf diesem Gebiete in Betracht kommenden Verfahren studierten, kamen beide Stellen unabhängig voneinander zu dem Ergebnis, daß von allen Verfahren demjenigen der Maschinenfabrik Fellner & Ziegler in Frankfurt a. M. der Vorzug zu geben sei. Auf der einen Seite kam dann eine Interessen-Gemeinschaft zwischen der Gelsenkirchener Bergwerks Akt.-Ges., Abteilung Schalke, und der Firma Fellner & Ziegler zustande, die darin zum Ausdruck kam, daß eine besondere Gesellschaft zur Auswertung des Fellner-Ziegler-Verfahrens, das sich auf den grundlegenden Patenten von Dr. Niels Young aufbaute, unter dem Namen „Schwelkohle" Kohlenschwelungs-Gesellschaft m. b. H. in Frankfurt a. M. gegründet wurde. Die Gründung dieser Gesellschaft wurde insbesondere auch durch die sehr günstigen Ergebnisse veranlaßt, die mit einer Fellner-Ziegler-Anlage, wie sie von der Gelsenkirchener Bergwerks Akt.-Ges., Abteilung Schalke, errichtet worden war, erzielt wurden.

Den Siemens-Schuckertwerken gaben die in der Hauptsache aus überseeischen Ländern kommenden Anfragen, bei denen es sich um die Verwertung der in diesen Ländern gefundenen, in feuerungstechnischer Hinsicht minderwertigen Kohlen handelte, den Anstoß, sich mit der Frage der Verschwelung zu beschäftigen. Da sowohl die „Schwelkohle" als auch die Siemens-Schuckertwerke in Zusammenarbeit mit Fellner & Ziegler im Grunde genommen die gleichen Interessen verfolgten, war bei der maßgebenden Beteiligung der Gelsenkirchener Bergwerks Akt.-Ges. an der „Schwelkohle" der Weg für die Zusammenfassung der Interessen der „Schwelkohle" und der Siemens-Schuckertwerke vorgezeichnet. Auf diese Weise ist die Gründung der „Allkog" Allgemeine Kohleverwertungs-Gesellschaft m. b. H. im Anfang des Jahres 1924 zustande gekommen. Die „Allkog" hat die Aufgabe, das Schwelproblem für die hinter ihr stehenden Gesellschaften der Siemens-Rheinelbe-Schuckert-Union insbesondere für das Ausland zu bearbeiten. Eine ihr nahestehende Gesellschaft ist ferner die „Brenngas" Verwertungs-Gesellschaft m. b. H. in München, die sich auf die Gelsenkirchener Bergwerks Akt.-Ges. und Lindes Eismaschinen-Gesellschaft stützt und das Gebiet der Gasauswertung bearbeitet.

Die nachstehenden Ausführungen haben den Zweck, in kurzen Zügen die mit der Schwelerei und den angrenzenden Gebieten zusammenhängenden Fragen zu beleuchten und in den Kreisen, die bis jetzt diesem Gebiete noch ferner standen, das Interesse dafür zu erwecken.

Die Anfänge der Verschwelung reichen in den Beginn der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts zurück, wo im sächsischen Braunkohlenrevier die Verschwelung der Braunkohle mit Hilfe des Rolle-Ofens, der sich in abgeänderter Form bis heute erhalten hat, in Angriff genommen wurde. Um die Wende des 19. Jahrhunderts ist auch die Verschwelung der Steinkohle aufgenommen worden, und zwar waren es insbesondere England und Amerika, die sich dieser Frage mit Energie annahmen. In beiden Ländern wurde mit der Verschwelung der Zweck verfolgt, einen rauchlosen Brennstoff zu erzeugen, während anfänglich auf die Herstellung der sich bei der Verschwelung ergebenden Nebenprodukte weniger Wert gelegt wurde, in der Hauptsache deswegen, weil diese Nebenprodukte in genügender Menge von anderer Seite her, insbesondere von der Erdöl-Industrie in Amerika, billig zur Verfügung

[1)] Nach einem Vortrag von Dr. R. Durrer, gehalten am 4. 12. 24 im Verwaltungsgebäude der SSW.

standen. Erst die durch den Krieg bedingten Verhältnisse brachten es mit sich, daß die Frage der Erzeugung der Nebenprodukte, insbesondere der flüssigen Brennstoffe, in den Vordergrund rückte, zu welcher Zeit sich auch Deutschland der Bearbeitung der Schwelfrage nachdrücklich annahm. In Deutschland war es insbesondere das Kaiser-Wilhelm-Institut für Kohleforschung in Mülheim (Ruhr), das den Anstoß zu einer eingehenden Bearbeitung des Schwelproblems für Steinkohle gab und grundlegende wissenschaftliche Arbeiten durchführte.

Während die Verkokung bei einer Temperatur von 900 bis 1200° stattfindet, verwendet man bei der Verschwelung Temperaturen von 400 bis 550°. Bei dem Verkokungsprozeß wird in erster Linie das Ziel verfolgt, aus einer geeigneten Kohle einen hochwertigen Koks, wie er beispielsweise im Hochofen oder Gießerei-Schachtofen verwendet wird, herzustellen, oder aber Gas für Beleuchtungszwecke in möglichst hoher Ausbeute zu gewinnen. Die bei der Verkokung in Anwendung kommenden Temperaturen führen eine sehr starke Zersetzung des aus der Kohle austretenden Bitumens herbei, die dadurch zum Ausdruck kommt, daß neben großen Gasmengen ein zersetzter Teer, wie er als Gasanstalts- und Kokereiteer bekannt ist, erhalten wird. Im Gegensatz dazu wirkt die Schweltemperatur von 500° derartig auf die Schwelprodukte ein, daß deren ursprünglicher Charakter im wesentlichen erhalten bleibt und daß bei der Verschwelung hochwertigere Gase in geringerer Menge sowie Teerausbeuten in größerer Menge als bei der Verkokung anfallen.

Das Austreten der Bitumenbestandteile aus der Kohle beginnt bei einer Temperatur von etwa 350—400° und ist zwischen 450—550°, je nach Art der Kohle, beendet. Oberhalb 550° geben die Kohlen bzw. das dann schon vorhandene feste Schwelerzeugnis nur noch Gase ab, und zwar in der Hauptsache Wasserstoff sowie Stickstoff in Form von Ammoniak. Bei diesen in Kokereien und Gasanstalten üblichen hohen Temperaturen werden die bereits gebildeten Destillationsprodukte zersetzt, und die schweren Kohlenwasserstoff-Verbindungen zerfallen in leichtere unter gleichzeitiger Gasbildung (Krackung). Bei der Tieftemperaturverkokung werden die Destillationsprodukte möglichst rasch abgeleitet und dadurch der Einwirkung der über 500—550° liegenden, eine Krackung bedingenden Temperaturen entzogen.

Während bei der Hochtemperatur-Verkokung mit einer Gasausbeute von etwa 300—350 m^3 je Tonne Rohkohle mit einem Heizwert des Gases von etwa 4500 WE/m^3 gerechnet werden kann, beträgt bei der Verschwelung einer ähnlichen Kohle die Gasausbeute etwa 60—80 m^3 mit einem Heizwert von etwa 7000—8000 WE/m^3. Das spezifische Gewicht des Kokereigases ist etwa 0,5 gr/l, das des Schwelgases etwa 1 gr/l. Die in beiden Fällen erhaltenen Gasmengen betragen 15 bzw. 7 Gewichts-Prozent der Rohkohle. Nachstehend sind Normal-Analysen für Kokereigas und Schwelgas angegeben:

	Kokereigas	Schwelgas
CO_2	1,5	8
C_2H_4	1,5	4
CO	6	6
H_2	55	3
CH_4	25	64
N_2	11	15

An Rohteer werden bei der Verkokung etwa 50 v. H. weniger gewonnen, als bei der Verschwelung einer gleichartigen Kohle anfallen würde.

Außer den für die Verkokung geeigneten Kohlen gibt es verschiedene Kohlensorten, die einen sehr hohen Gehalt an bituminösen Bestandteilen aufweisen, die jedoch keinen guten Koks ergeben. Darunter fallen in der Hauptsache diejenigen Kohlen, die für die Verschwelung in Betracht kommen, während sie bisher zum größten Teil nur für Rostfeuerung Verwendung fanden. Es wäre vom wirtschaftlichen Standpunkt aus betrachtet richtiger, aus derartigen Kohlen zunächst die Bitumen-Bestandteile zu gewinnen und den Rückstand gegebenenfalls zu verfeuern. Es kommt noch hinzu, daß derartige Kohlen häufig in einer Form anfallen, in der sie nicht ohne weiteres verwendbar sind, wie z. B. Gasflammstaubkohle. Für diese Kohlen stellt die Verschwelung einen Veredelungsprozeß dar, wodurch überhaupt erst ihre Verwendung unter Gewinnung wertvoller Produkte möglich wird.

Im wesentlichen sind zwei grundsätzlich voneinander verschiedene Wege zur Durchführung

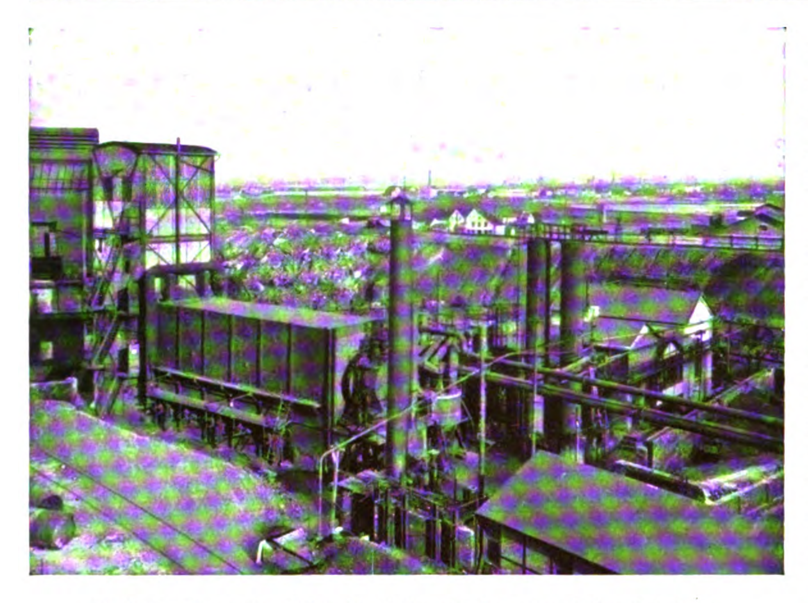


Bild 1. Gesamtansicht der Schwelanlage in Gelsenkirchen.

der Verschwelung zu unterscheiden. Der eine Weg besteht darin, daß die zu verschwelende Kohle unmittelbar von den die Wärme übermittelnden Gasen umspült wird, so daß ein unmittelbarer Übergang der Wärme von dem Wärmeträger auf die zu verschwelenden Stoffe stattfindet. Der andere Weg besteht darin, daß das zu verschwelende Gut in einen geschlossenen Raum gelangt, der von außen beheizt wird, so daß die für die Verschwelung erforderliche Wärme von den Wärmeträgern zunächst auf die Wandung übertragen wird, diese dann zu durchdringen und auf diesem Wege auf das Schwelgut übergehen hat. Bei der Verschwelung mit unmittelbarer Beheizung ist die Wärmeausnutzung naturgemäß etwas besser, sie beträgt je kg etwa 380 bis 400 WE unter Zugrundelegung einer Steinkohle mit etwa 7 v. H. Feuchtigkeit, gegenüber etwa 450 WE bei der Verschwelung mit mittelbarer Beheizung; jedoch besteht bei der unmittelbaren Heizung der Nachteil, daß die bei der Schweltemperatur aus der Kohle austretenden Bestandteile mit den Wärmeträgern, irgendwelchen neutralen Gasen, vermischt werden, wodurch die Menge des zu behandelnden Gases vergrößert und sein Heizwert vermindert wird. Die Destillationsprodukte, wie Teer und Gasbenzin, sind aus den bei mittelbarer Heizung gewonnenen Gasen leichter abzuscheiden als aus den bei der Verschwelung mit unmittelbarer Beheizung gewonnenen großen Gasmengen. Bei der Verschwelung mit mittelbarer Beheizung entstehen, wie vorher gesagt, etwa 60–80 m³ Gas, bei der Verschwelung mit unmittelbarer Beheizung beträgt die Gesamtgasmenge, d. h. einschließlich der Heizgase, etwa das 7 fache.

Ein eingehendes Studium der bereits in England, Amerika und Deutschland vorliegenden Erfahrungen auf dem Gebiete der Tieftemperaturverkokung führte die Maschinenfabrik Fellner & Ziegler in Frankfurt a. M. zu der Erkenntnis, daß eine drehbare, von außen geheizte, geneigt liegende, innen glatte Schweltrommel sich am besten zur Durchführung der Entgasung von Kohle bei niedriger Temperatur eignet. Es gelang der genannten Maschinenfabrik, einen derartigen Ofen einwandfrei zu bauen. Die in Gelsenkirchen erstellte Betriebsanlage erfüllte die in sie gesetzten Erwartungen und übertrifft diese sogar noch. Die Anlage weist eine Leistung von 50–60 t in 24 Stunden je nach der zur Verschwelung gelangenden Kohlensorte auf. Die Anlage und das Verfahren sind in der Literatur bereits mehrfach beschrieben[1]).

Bild 1 und 2 zeigen die Gelsenkirchener Anlage. Die Trommel ist aus 18 mm-Blech gefertigt und hat gegen die Horizontale eine Neigung von 5°. Die Länge beträgt 18 m bei einem Durchmesser von 2,5 m. Die Beheizung geschieht in der Weise, daß Hochofen-Gichtgas mit einem Heizwert von etwa 1000 Cal/m³ in Kammern, die sich unter der Trommel befinden, verbrannt wird. Derjenige Teil der Kammer, in dem sich die Flamme entwickelt, ist mit einem massiven Gewölbe bedeckt. Der sich daran anschließende Teil hat ein gitterförmiges Gewölbe, durch das die Heizgase nach oben steigen und die darüber liegende Trommel umspülen. Die Beheizung wird derart vorgenommen, daß die Außentemperatur der Ofenwandungen 600° nicht wesentlich übersteigt. Die Feuergase verlassen die Heizkammer mit einer Temperatur von durchschnittlich 620°.

[1]) A. Thau, „Tieftemperaturverkokung der Steinkohle". „Das Werk", Monatsblätter der Montangruppe der Siemens-Rheinelbe-Schuckert-Union, Jahrg. 2, S. 447/52.
A. Thau, „Die Tieftemperaturverkokung im geneigten Drehofen".
„Glückauf" 1923, Nr. 2/3.

Die gegebenenfalls vorgebrochene Kohle gelangt mit Hilfe mechanischer Aufgebevorrichtungen, die bereits eingehend von Thau beschrieben sind[1]), am oberen Ende in die Trommel und wird durch deren Drehung (3 Minuten 20 Sekunden dauert im Mittel eine Drehung) und durch die Neigung der Trommel nach dem anderen Ende zu befördert. Neigung und Drehzahl der Trommel kann in einfacher Weise allen Verhältnissen angepaßt werden, wodurch die Möglichkeit besteht, die Dauer der Schwelzeit der Kohle innerhalb der Trommel und somit auch die Durchsatzleistung entsprechend zu regeln. Die Schwelzeit selbst beträgt für Steinkohle normaler Beschaffenheit etwa 3 bis $3^1/_2$ Stunden. Die entschwelte Kohle tritt in Form von Halbkoks dann aus dem unteren Trommelende durch entsprechende Vorrichtungen aus und soll anschließend unter Luftabschluß in einer kleineren von außen mit Wassei berieselten Kühltrommel auf trockenem Wege bis zu einer solchen Temperatur heruntergekühlt werden, bei der eine Selbstentzündung des Halbkokses an der Luft nicht mehr stattfindet.

Bild 2. Ansicht der Schwelanlage in Gelsenkirchen von der Koksaustragseite.

Die bei der Schwelung entstehenden Schwelgase und Teerdämpfe ziehen aus dem Trommelkopf ab und durchziehen wechselweise arbeitende, geheizte Staubabscheider zwecks Entfernung der mitgeführten Staubteilchen. Diese Staubscheider stellen einfache Staubsäcke dar, in denen durch Verminderung der Strömungsgeschwindigkeit der Gase infolge Querschnitterweiterung eine Absetzung des Staubes aus dem Gas verursacht wird.

Das entstaubte Schwelgas, das noch die Teerdämpfe enthält, wird dann durch einen Luftkühler geführt, einen stehenden Zylinder, an dessen unterem Ende der ausgeschiedene Teer abgezogen wird. Anschließend durchströmt das Gas einen Wäscher, indem die im Gas noch enthaltenen Teernebel durch feinzerstäubten Teer vollständig niedergeschlagen werden und abfließen. Zwecks Niederschlagung des noch im Gas enthaltenen Wasserdampfes wird das entteerte Gas anschließend durch einen Wasserkühler geführt, dessen Rohre von kaltem Wasser durchströmt werden, und gelangt dann in einen Gassauger (Kapselgebläse), mit dessen Hilfe die in den verschiedenen Apparaten hervorgerufenen Druckgefälle überwunden werden. Das Gas wird schließlich durch einen zur Hälfte mit Raschig-Ringen beschickten kleinen Turm gedrückt, in dem die letzten Urteerreste zurückgehalten werden, und der als Sicherheitsvorrichtung eingesetzt ist für den Fall, daß der Teerwäscher nicht einwandfrei arbeitet. Bild 1 zeigt die Gesamtansicht der Schwelanlage, links den Kohlenturm mit Bunker, in dem die Aufgabe- und Antriebsvorrichtung für den Ofen eingebaut ist, anschließend den von Mauerwerk umschlossenen Drehofen, dessen hinterer Trommelkopf frei sichtbar erscheint, mit den Gasableitungen zu den beiden geheizten Staubabscheidern und weiterhin zu der Kondensationsanlage, die vor und in dem rechts liegenden Gebäude untergebracht ist. Die beiden hohen Türme vor dem rechts liegenden Gebäude stellen Benzinwäscher dar, die jedoch nur im Reservebetrieb eingesetzt werden, falls die später zu behandelnde Benzingewinnungsanlage aussetzen sollte, und die im Urteer enthaltenden Benzinanteile abgetrieben werden sollen.

Bild 2 zeigt die hintere Seite der ganzen Schwelanlage, und es sind hierauf deutlich der

[1]) a. a. O.

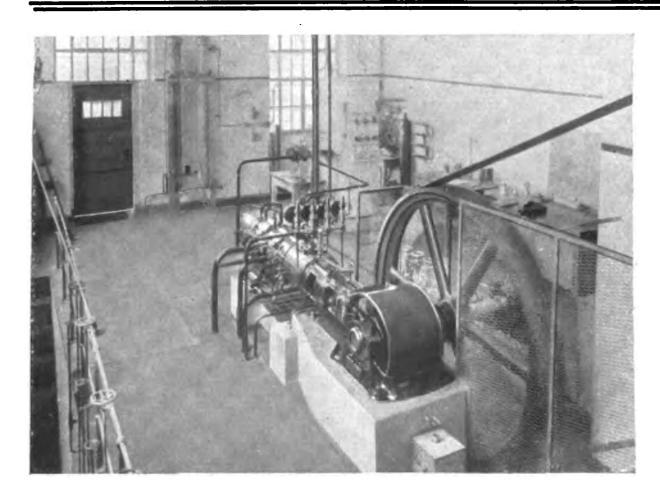


Bild. 3. Gaszerlegungsanlage.

Trommelkopf mit Halbkoksaustrag, sowie die Gasableitungen aus der Trommel, Staubabscheider, sowie Luftkühler zu erkennen. Hinter den Luftkühlern stehen die Teerwäscher; die beiden Türme rechts vorn stellen die Reservebenzinwäscher bzw. -abtreiber dar. Die vorher skizzierte trockene Halbkokskühlung in einer separaten kleinen rotierenden Trommel ist noch nicht eingebaut, sondern der Halbkoks fällt durch den Austrag nach provisorischer Abkühlung durch einen zwischengeschalteten Bunker in kleine Wagen und wird dann abgelöscht und von Hand abtransportiert. Diese Art der Halbkokskühlung und -austragung ist jedoch veraltet und eine trockene Halbkokskühlung soll nunmehr an deren Stelle treten.

Zur weiteren Gasbehandlung sind zwei Wege gangbar. Das entteerte Schwelgas enthält jetzt noch außer den hochwertigen gewinnbaren Gasbestandteilen Benzinanteile, die bisher ständig mitgeführt wurden und sich in den bisherigen Apparaturen infolge ihres physikalischen Verhaltens nicht ausscheiden konnten. Die Gasbenzine werden entweder durch eine Benzingewinnungsanlage nach dem Kompressionsverfahren oder durch das Benzinwaschölverfahren erfaßt.

Zur Verarbeitung im Kompressionsverfahren wird die Gesamtmenge des nunmehr vorhandenen Gases nach entsprechender Entfernung von unerwünschten Ballaststoffen einem Druck von etwa 5 at ausgesetzt und anschließend expandiert, bei welchem kombinierten Vorgange sich die gewinnbaren Gasbenzinanteile in flüssiger Form abscheiden. Das nunmehr verbleibende entbenzinierte Schwelgas kann so verwandt werden oder gelangt in die Gaszerlegungsanlage.

Bei dem Benzinwaschölverfahren wird das benzinhaltige Schwelgas im Gegenstromprinzip mit Waschölen bestimmter Beschaffenheit behandelt und somit entbenziniert, in welchem Zustande es dann wie vorher weiter verwandt werden kann. Das benzinhaltige Waschöl wird in gesondertem Verfahren abgetrieben zwecks Gewinnung der gelöst enthaltenen Benzinanteile sowie zwecks Regenerierung des Waschöls.

In der Gaszerlegungsanlage werden in den verschiedenen Kompressionsstufen die gereinigten entbenzinierten Schwelgase in verwertbare Bestandteile zerlegt unter Verflüssigung entsprechender Anteile im Expansionsgang. Diese flüssigen Anteile stellen das „Gasol" dar, ein hochwertiges Gas, das in verflüssigtem Zustand, in Stahlflaschen komprimiert, in den Handel gelangt.

Der bei der Gaszerlegung verbleibende Gasanteil, das sogenannte Restgas, in dem alle nicht bei diesem Verfahren gesondert gewinnbaren Bestandteile enthalten sind, wird als hochwertiges Gas von etwa 5000 WE/m³ entsprechenden Verwendungsstellen zugeführt.

Die Benzingewinnung und Gaszerlegung kann andererseits in einem Arbeitsgang zusammengefaßt werden derart, daß das entteerte und von Schwefelwasserstoff und Kohlensäure gereinigte Schwelgas direkt der Gaszerlegungsanlage zugeführt wird. Bei diesem Arbeitsgang können dann in den einzelnen Druckstufen der Kompression fraktioniert die im Gas enthaltenen Benzinanteile und das Gasol gewonnen werden.

Bild 3 zeigt die bei der Gelsenkirchener Bergwerks Akt.-Ges. in Gelsenkirchen aufgestellte Gaszerlegungsanlage in der Gesamtansicht. Der mehrstufige Kompressor verarbeitet das Gas in der vorher kurz skizzierten Weise. Im Hintergrund sind Wärmeaustauschapparat und Verflüssiger sichtbar sowie die Rohranlage zur Gastrocknung. In dieser Anlage befindet sich weiter ein Gasol-Abfüll-Kompressor, der jedoch auf vorliegendem Bild nicht zu sehen ist.

(Schluß folgt.)

Der neue Teplitzer Saalbau und seine Schwachstromanlagen

Nach Angaben des T. B. Teplitz.

Vor etwa 5 Jahren ist in dem bekannten tschechoslowakischen Badeort Teplitz das Stadttheater durch Feuer zerstört worden. Der an seiner Stelle errichtete städtische Saalbau stellt eine Kombination dar aus dem großen Theatersaal mit anschließender Hauptbühne, dem Kursaal mit angebauter kleiner Bühne, einer für diese beiden Räume gemeinschaftlichen Garderobe, einem städtischen Lichtspieltheater, dem Theaterkaffee und dem Ratskeller, sowie einem Weinrestaurant, die im Souterrain liegen. Dazu kommen noch die Wirtschaftsräume für die Gaststätten und eine Zentralheizungsanlage in einem Nebengebäude. Diese Vereinigung der für einen Kurort notwendigen Gebäude wurde gewählt, weil man so eine bessere bzw. ausgleichende Wirtschaftlichkeit zu erzielen gedachte. Man verkannte zwar nicht, daß diese Vereinigung so vieler ganz verschiedenen Zwecken dienender Räume insbesondere für den Theaterbetrieb auch Schwierigkeiten mit sich brachte, hoffte aber diese mit Hilfe neuzeitlicher elektrischer Schwachstromanlagen zu überwinden. Diese Schwachstromanlagen im städtischen Saalbau Teplitz haben Siemens & Halske geliefert. Sie bieten in ihrer Gesamtheit ein Bild dessen, was die heutige Schwachstromtechnik für Bauten dieser Art leisten kann, insbesondere aber zeigen sie, welche Bedeutung dem elektrischen Schwachstrom heute für die Bühnentechnik zukommt.

Für den Verkehr vor und während der Vorstellung mit den einzelnen Stellen der Bühne, ferner für die Anzeige des Beginns der Vorstellung und des Endes der Pausen in allen Räumen bieten elektrische Schwachstromanlagen einen einfachen und sicheren Signaldienst. Für den internen Verkehr innerhalb des Saalbaues sowie für den mit dem Fernsprechamt steht eine Fernsprecheinrichtung bereit, und zwar, weil sie rasch und reibungslos arbeiten soll, mit automatischer Vermittlung. Bedeutungsvoll sind die Sicherheitseinrichtungen, besonders die gegen Feuersgefahr, der ja besonders die Theater und Bühnenräume ausgesetzt sind, die leicht brennbare und ausgebrochenem Feuer schnell Nahrung bietende Gegenstände bergen und dazu zeitweilig unbewacht sind. Dazu kommen elektrische Zeitdienst-, Lüftungs- und Heizungsüberwachungsanlagen.

Zwei akustische Signalanlagen sind dort vorhanden, die eine dient dem Inspizienten dazu, Signale an die einzelnen Stellen hinter den Kulissen, an die Solisten, zur Garderobe, zum Friseur, Chor usw. zu geben, mit der anderen wird dem Publikum der Beginn der Vorstellung und das Ende der Pausen in den Aufenthaltsräumen bekanntgegeben. Die Schalttafel, eine Marmorplatte mit Signaltasten, befindet sich für jede der beiden Anlagen auf der Bühne, am Standort des Inspizienten (Bild 1). Auf den Schalttafeln angebrachte Kontrollampen dienen dazu, das ordnungsgemäße Arbeiten der Signalanlagen zu überwachen. Wenn beim Drücken einer Taste das Signal an der gewünschten Stelle ertönt, leuchtet an der Schalttafel die zugehörige Kontrollampe auf. Oft ist es erwünscht, daß man mehrere Signale gleichzeitig einschalten kann. Das ermöglichen Kippschalter, mit denen Gruppen von etwa sechs oder acht Signalen gleichzeitig gegeben werden können. Auf den Schalttafeln der akustischen Signalanlagen befinden sich endlich noch die Tasten zum Einschalten der Alarmwecker im Falle der Gefahr.

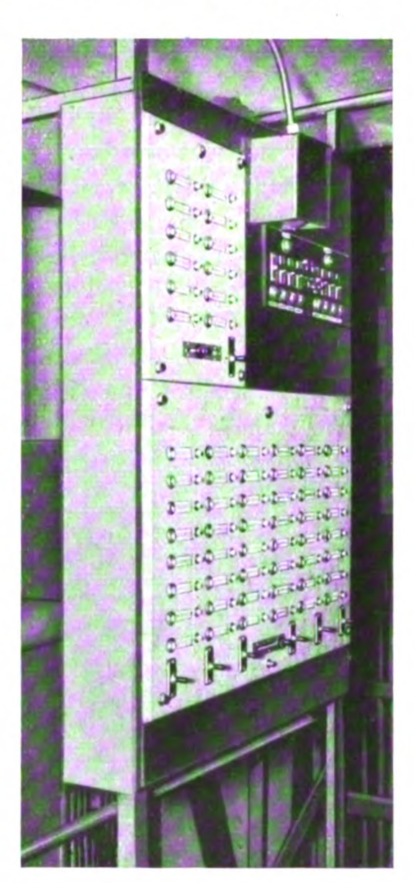


Bild 1. Signalgebetafel am Standort des Inspizienten auf der Bühne.

Lichtsignalanlagen sind dort vorgesehen, wo Glockenzeichen stören würden, also für den



Bild 2. Schwachstromzentrale (Feuerwache) im Stadttheater Teplitz.

Verkehr des Inspizienten mit dem Kapellmeister, dem Souffleur sowie den Personen, die die Szene, Vorhang, Beleuchtung, Hinterbühne, Arbeitsgalerie bedienen. An allen diesen Stellen sind Tasten und Anruflampen angebracht, und jedes Signal kann auf seine richtige Ankunft hin an der gebenden Stelle durch eine Kontrolllampe überwacht werden.

Für die Chordirigierung überträgt eine Lichtsignalanlage die Taktschläge des Dirigenten an dazu vorgesehene Stellen hinter der Bühne; sie wird von dem Dirigenten selbst oder einem im Orchester sitzenden Musiker betätigt. Das Aufleuchten einer weißen Lampe ist das Zeichen zum Einsetzen des Chores,



Bild 3. Garderobenhalle.

die Taktschläge des Dirigenten werden dann durch das Aufleuchten einer roten Lampe angezeigt.

An allen Fernsprechapparaten wählt bei Verbindungen innerhalb des Hauses der Anrufende den gewünschten Teilnehmer selbst. Durch diese Hausfernsprechanlage mit selbsttätiger Gesprächsvermittlung ist dem Personal in den zwar verschiedenen Zwecken dienenden, aber doch eng zusammengehörigen Räumen die Möglichkeit eines raschen Verkehrs über den Fernsprecher geboten. Für Fernsprechverbindungen über das Postamt ist ein schnurloser Zentralumschalter aufgestellt, der mit der Hand bedient wird. Er ist für den Anschluß von drei Amtsleitungen eingerichtet, und zwölf Nebenstellen sind vorgesehen, die zum Verkehr über das Amt berechtigt sind.

Der Zentralumschalter ist in der Feuerwache (Bild 2) aufgestellt, so daß die Vermittlungsbeamtin zugleich ein wachsames Auge auf die Empfangsapparate der Fernmeldeanlagen haben kann.

Der Sicherung gegen Feuersgefahr — ein gebranntes Kind scheut das Feuer — ist im Saalbau Teplitz ganz besondere Aufmerksamkeit gewidmet worden. Zunächst sind über das ganze Gebäude eine Anzahl von Hand auszulösender Melder verteilt, die durch eine Ringleitung an die Empfangseinrichtung angeschlossen sind. Die Melder arbeiten mit Zugkontakt. Wenn nach dem Zerschlagen der schützenden Glasscheibe der Griff am Melder gezogen wird, fällt an der Empfangseinrichtung eine rote Signalscheibe, auf einem Registrierstreifen wird die Nummer des Melders und die genaue Zeit des Eingangs der Meldung sowie ein F („Feuer" bedeutend) registriert, gleichzeitig ertönt ein akustisches Signal. Richtet man die Fallklappe wieder hoch, so verstummt der Alarm.

Die selbsttätige Feuermeldeanlage ist besonders für die Bühnenräume eine notwendige Ergänzung dieser mit der Hand zu bedienenden Meldeanlage. In diesen Räumen ist bei der Menge der vorhandenen leicht brennbaren Gegenstände Großfeuer meist nur zu verhindern, wenn der Brand in den ersten Anfängen entdeckt wird. Selbsttätige Feuermelder sprechen nun auf die Temperaturerhöhung an, die sich auch bei noch schwelendem Feuer sehr schnell einstellt. Die Temperatur, bei der der Melder anspricht, ist am Melder einstellbar, sie liegt



Bild 4. Automatischer Feuermelder an der Decke des Lagerraumes für Kostüme.

zwischen 40° und 90°. Die Empfangseinrichtung in der Zentrale (auf Bild 2 zu sehen) zeigt die Feuermeldungen und, von diesen verschieden, auch Betriebsstörungen in der Anlage sichtbar und hörbar an. Die Anlage überwacht sich also auch selbsttätig auf Störungen. Die Bilder 3—4 zeigen automatische Feuermelder in verschiedenen Räumen des Saalbaues.

Eine gute Feuermeldeanlage macht jedoch

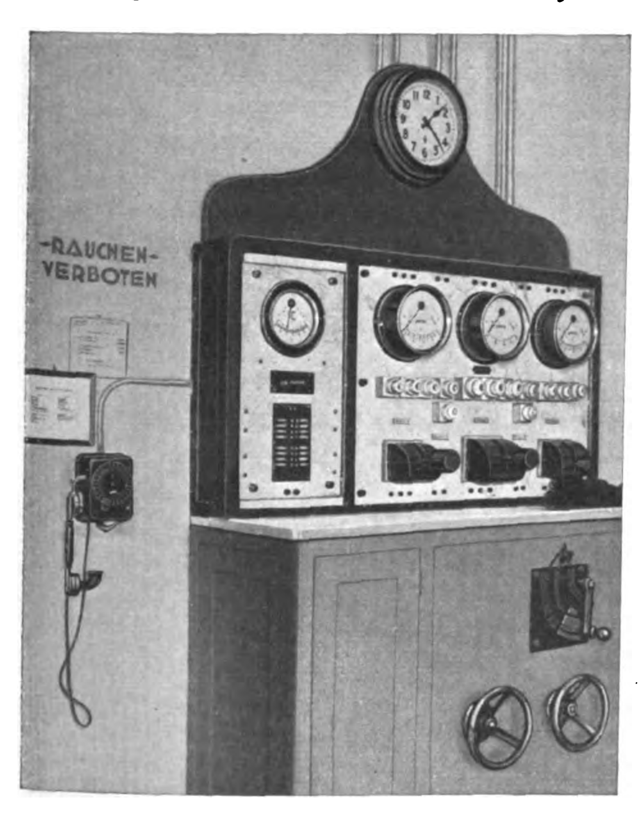


Bild 5. Zentralschalttafel der Fernthermometeranlage in der Heizungsinspektion.

einen ausgedehnten Wachdienst nicht überflüssig. Daß er in der vorgeschriebenen Weise versehen

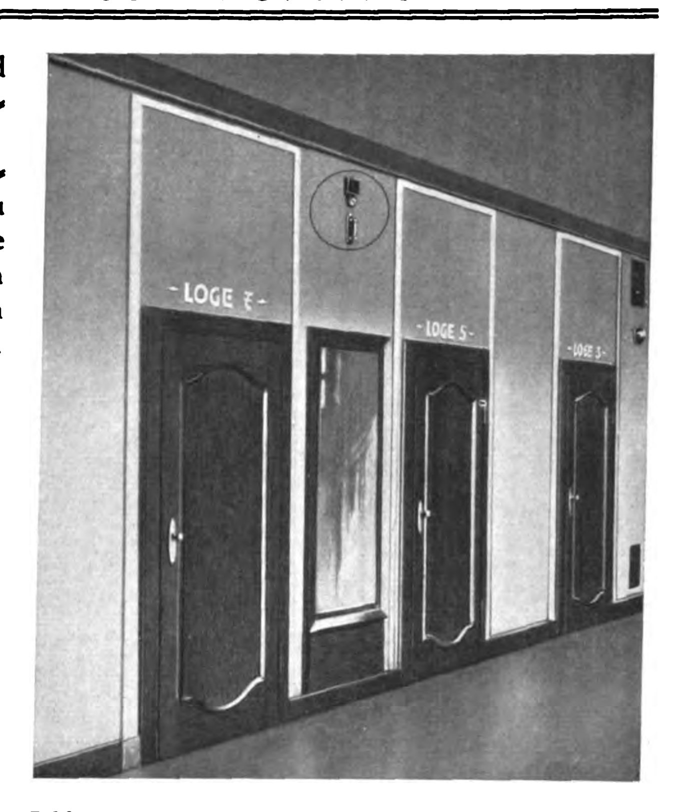


Bild 6. Logenwandelgang mit Fernthermometer und Signalwecker.

wird, läßt sich durch eine Wächterkontrollanlage jederzeit feststellen.

Auf seinem Rundgang durch die zu überwachenden Räume findet der Wächter eine Anzahl dort angebrachter Kontrollmelder (Bild 3), die er mit einem besonderen Schlüssel der Reihe nach auszulösen hat. Der Empfangsapparat der Anlage, an den die Melder mit einer Ringleitung angeschlossen sind, enthält eine Registriervorrichtung, die von einer Hauptuhr elektrisch fortgeschaltet wird; ebenso erfolgt der Papiervorschub elektrisch. Beim Ablaufen eines Melders wird auf dem Registrierstreifen die Nummer des betätigten Melders sowie die genaue Zeit des Eingangs der Meldung verzeichnet, so daß sich an Hand des Registrierstreifens der Rundgang des Wächters nach Zeit und Reihenfolge der besuchten Räume jederzeit verfolgen läßt.

In einem Etablissement von der Größe des Saalbaues ist es natürlich bedeutungsvoll, daß in allen Räumen die gleiche Zeit angezeigt wird. Das ist insbesondere für die Theater eine Notwendigkeit, damit Störungen durch Unpünktlichkeit vermieden werden. Im Saalbau wurde deshalb eine elektrische Uhrenanlage eingerichtet.

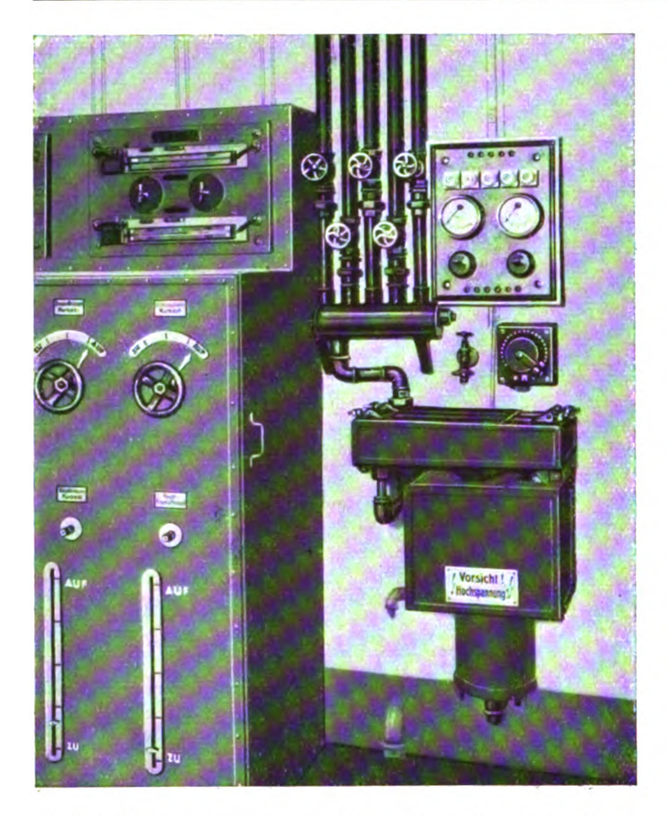


Bild 7. Ozonanlage mit Verteilungsröhren für die Lüftungskanäle.

Sie ist das einzige Mittel, eine größere Anzahl Uhren dauernd in übereinstimmendem Gang zu halten. Auf Bild 2 ist die Uhrenzentrale, auf Bild 5 eine an die Zentrale angeschlossene Nebenuhr zu sehen.

Eine Fernthermometeranlage ermöglicht es, von der Zentralstelle der Heizung aus die Temperatur aller Räume des Saalbaues zu messen.

In den einzelnen Räumen (Bild 6) sind an geeigneten Stellen Quarzglaswiderstands-Thermometer angebracht, die auf elektrischem Wege die Temperatur messen. Für jedes Widerstandsthermometer ist an der Schalttafel der Empfangseinrichtung in der Heizungsinspektion eine Drucktaste vorhanden, bei deren Niederdrücken das Thermometer auf das Anzeigegerät geschaltet wird, von dem man die Temperatur in Celsiusgraden abliest. Durch entsprechendes Regeln der Heizung kann man so in allen Räumen stets für eine angenehme Raumtemperatur sorgen.

Für die Lüftung der Theatersäle und des Lichtspieltheaters endlich wurde eine Ozonanlage (Bild 7) eingerichtet. Bei der üblichen Lüftung durch Zuführen von Frischluft allein läßt es sich in solchen Sälen kaum verhindern, daß sich bald eine verbrauchte Luft bemerkbar macht.

Ozon, eine Sauerstoffmodifikation, hat, in geringer Menge der Lüftungsluft beigemischt, eine geruchzerstörende Wirkung und gibt der Raumluft eine belebende Frische. Das Ozon wird in besonderen Apparaten durch Glimmentladung eines hochgespannten Wechselstroms erzeugt und mit der Lüftungsluft in den Raum gebracht.

Die Ozonanlage ist unmittelbar an das Wechselstromnetz angeschlossen, die anderen Schwachstromanlagen werden aus Akkumulatorenbatterien mit Strom versorgt. Für jede Batterie ist eine gleich große zum Auswechseln vorhanden. Geladen werden diese Batterien aus dem vorhandenen Drehstromnetz mit Hilfe eines Drehstrom-Gleichstromumformers.

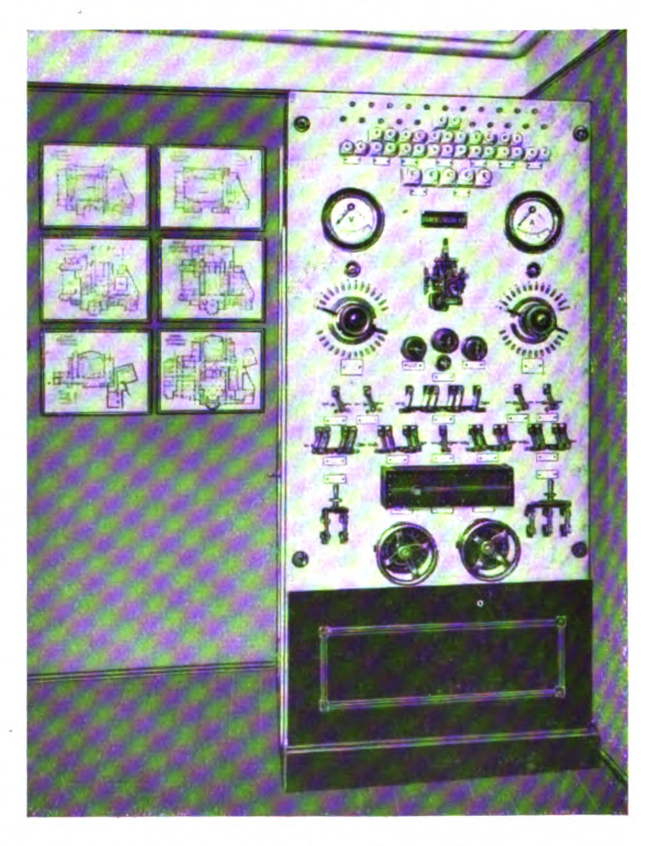


Bild 8. Zentralschalttafel für die Stromlieferungsanlage.

Bild 8 zeigt noch die Schalttafel für die Stromlieferungsanlage und die Ladeeinrichtung für die Akkumulatorenbatterien.

Das erste Siemens-Fernkabel in Japan

Von Dr. Wilhelm Rihl, Siemens-Kabelgemeinschaft, SK 2.

Die Gründe, die in allen Kulturstaaten dafür maßgebend waren, die Fernsprechleitungen für Fernverkehr nicht mehr wie früher als Freileitungen, sondern als betriebssichere, in die Erde gebettete Kabel herzustellen, haben auch in Japan zum Bau neuer Fernkabellinien zum Fernsprechen über große Entfernungen geführt. Im September 1924 wurde das erste deutsche Fernkabel in Japan, das auf der 56 km langen Strecke zwischen Osaka und Kioto verlegt ist, in Betrieb genommen. Die Lage der Fernkabelstrecke ist aus der Kartenskizze näher ersichtlich (Bild 1).

Nach genauem Studium des Siemens-Fernkabel-Systems durch japanische Fachleute hat, durch Vermittlung der japanischen Furukawa-Gesellschaft, das japanische Verkehrsministerium im Herbst 1922 der Siemens & Halske A.-G. den Auftrag erteilt, auf der genannten Strecke ein neuzeitliches Pupinfernkabel zu bauen. Die Bestellung umfaßte die Lieferung von 56 km 98-paarigem, viererverseiltem Fernsprechkabel nebst den erforderlichen Pupinspulenkasten und Ausgleichmitteln, sowie die Verpflichtung, die Aufsicht über die durch japanisches Personal vorzunehmende Verlegung der Fernkabelanlage und die Garantie für das sachgemäße Arbeiten der ganzen Anlage zu übernehmen.

Das Kabel selbst entspricht in seinem Aufbau dem im deutschen Fernkabelnetz gebräuchlichen 98-paarigen Normalkabel und enthält über einem Kernvierer mit 0,9 mm Leitern unter besonderem Bleimantel 20 Vierer mit 1,4 mm starken Leitern in Viererverseilung und darüber 28 Vierer mit 0,9 mm Leitern in Viererverseilung, so daß sich insgesamt 40 Paare mit 1,4 mm Leitern [und 58 Paare mit 0,9 mm Leitern ergeben. Der größte Teil des Kabels ist mit einer Eisenbewehrung versehen und in die Erde gebettet. Ein Teil von nicht ganz 1 km Länge wurde jedoch als Luftkabel geliefert, da an zwei Stellen breitere Flüsse, nämlich der Kizu-Fluß und der Shin-Uji-Fluß, durch Luftkabel zu überbrücken waren.

Die Pupinisierung des Kabels ist ebenfalls entsprechend der im deutschen Fernkabelnetz gewählten Pupinisierung durchgeführt. Die Pupinspulenkasten, die in der bei der Siemens & Halske A.-G. gebräuchlichen Ausführung angefertigt und in Abständen von je 2 km angeordnet sind, enthalten Pupinspulen zur Pupinisierung sämtlicher Stamm- und Viererkreise, und zwar für jeden Vierer zwei Stammspulen und zwei Viererspulen; die zu einem Paar gehörigen Stamm- und Viererspulen sind innerhalb des Pupinspulenkastens miteinander verbunden. Die Induktivität der Pupinspulen beträgt für die 1,4 mm-Stammkreise 0,19 H, für die 0,9 mm-Stammkreise 0,20 H, für die Viererkreise $2 \times 0{,}035$ H. Die Wicklungen sind wie bei allen neuzeitlichen Pupinspulen auf Kernen aus gepreßtem Eisenpulver untergebracht, so daß eine große Unempfindlichkeit der Spulen gegenüber magnetisierenden Gleichströmen gewährleistet ist.

Der Abgleich zur Verminderung des Nebensprechens zwischen den einzelnen Sprechkreisen des Kabels wurde nach dem Kondensator-Abgleichverfahren durch Anschalten kleiner Kondensatoren an die Kabeladern an den Spulenpunkten vor-

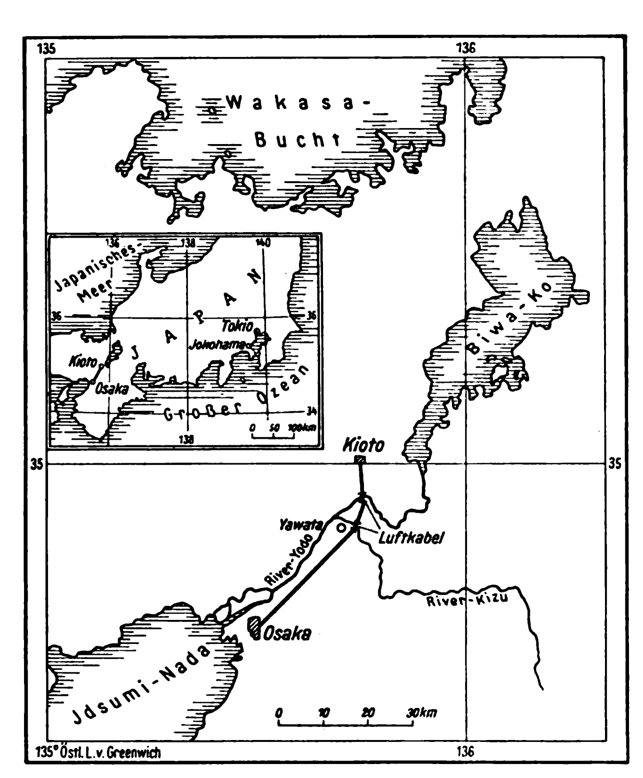


Bild 1 Die Kabelstrecke Osaka — Kioto.

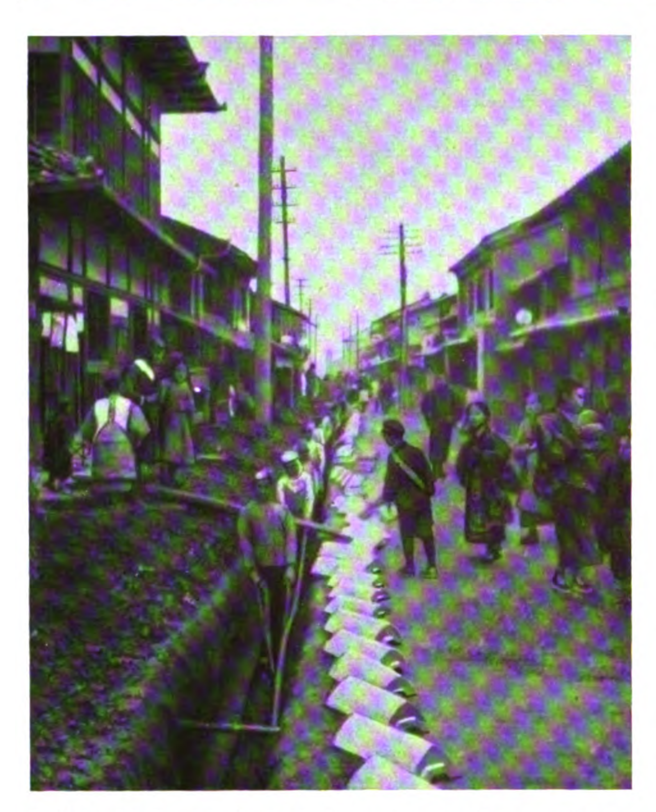


Bild 2. Verlegung des Kabels in einer Straße von Kioto.

genommen. Die Kondensatoren sind in besonderen Kondensatorenkasten untergebracht, deren äußere Form der der Pupinspulenkasten ähnelt, die aber im Innern besondere Schaltelemente zur Aufnahme der einzelnen Kondensatoren enthalten.

Die vom Lieferwerk garantierten elektrischen



Bild 3. Freileitung des Kabels, in Profileisenkasten verlegt, über Wassergräben der Reisfelder.

Werte für das Kabel, für die Pupinspulen und für die gesamte Kabelanlage sind aus der nachfolgenden Tafel näher ersichtlich.

Tafel
Garantiewerte für das Fernkabel Osaka—Kioto.

Kabelwerte				
	1,4 mm		0,9 mm	
	Stamm	Vierer	Stamm	Vierer
Gleichstromwiderstand (in Ohm) max.	23,8	11,9	57,6	28,8
Betriebskapazität (in uF) max.	0,039	0,067	0,037	0,063
Ableitung (in uS) max.	1,0	1,5	1,0	1,5
Spulenwerte				
	1,4 mm		0,9 mm	
	Stamm	Vierer	Stamm	Vierer
Induktivität (in H) . . .	0,19 ±2 v.H.	2×0,035 ±2 v.H.	0,20 ±2 v.H.	2×0,035 ±2 v.H.
Wirksamer Widerstand (in Ohm) max.	11,0	2×2,5	14,0	2×3,0
Werte der fertigen Anlage				
	1,4 mm		0,9 mm	
	Stamm	Vierer	Stamm	Vierer
Für 10 v. H. der Sprechkreise ist ein 5 v. H. höherer Wert zugelassen.				
Dämpfung/km max.	0,011	0,011	0,022	0,022
Charakteristik (in Ohm) etwa	1600	800	1700	800
Nebensprechen	b ≥ 7,5			

Die für das Fernkabel Osaka—Kioto gelieferten Kabel, Pupinspulen und Kondensatorkasten trafen, entsprechend den zugesagten Lieferterminen, planmäßig im Juli und August 1923 in Japan ein. Gleichzeitig kamen die aus Deutschland entsandten Spezialisten, die das japanische Personal anlernen und die Arbeiten überwachen sollten, in Japan an. Am 1. September 1923 ereignete sich das große japanische Erdbeben, und dadurch wurden die Verlegungsarbeiten wesentlich verzögert. Die Kabel und Zubehörteile wurden glücklicherweise durch das Erdbeben nicht beschädigt, doch verzögerten sich leider die Abnahmemessungen der Kabellängen und der Spulen des japanischen Verkehrsministeriums infolge des Unglücks bis in den Dezember hinein. Erst im Januar 1924 konnte daher mit den Verlegungsarbeiten begonnen werden. Die erforderlichen Kabeltransporte erfolgten, soweit es die Wege ermöglichten, mittels zweirädriger, durch Pferde oder Ochsen gezogener Transportkarren. Auf besonders schmalen Wegen wurden die Trommeln

von Hand gerollt. Dort, wo die Wege durch stark bewässerte Reisfelder führten, also die Gefahr des Versinkens bestand, wurden die zweirädrigen Karren mit starker Bretterverschalung versehen und dann von Hand vorwärts bewegt. Die eigentlichen Verlegungsarbeiten dauerten bis Ende März. Das Kabel wurde durchschnittlich etwa 1 m tief verlegt und mit Zementformstücken abgedeckt. Besondere Schwierigkeiten verursachte die Kabelverlegung auf den vielen sehr schmalen Landstraßen, wo die Kabelgräben teilweise zur Hälfte unter Wasser standen. Hierdurch erklärt sich die Länge der für die Verlegungsarbeiten aufgewandten Zeit.

Die Montagearbeiten konnten ebenfalls im Januar beginnen. Zunächst wurden die Spleißmuffen fertiggestellt, und etwas später begann der Einbau der Pupinspulen- und Kondensatorkasten. Die Pupinspulen- und Kondensatorkasten wurden im allgemeinen unmittelbar ins Erdreich gesetzt und nur für einige Spulenpunkte wurden wegen der schlechten Bodenverhältnisse besondere Betonbrunnen gebaut. Trotz verschiedener Schwierigkeiten infolge der örtlichen Verhältnisse gingen die Verlegungsarbeiten planmäßig vor sich, so daß im August das japanische Verkehrsministerium mit den Abnahmemessungen an der fertigen Anlage beginnen konnte.

Die Abnahmemessungen lieferten ausgezeichnete Ergebnisse für die gesamte Anlage, so daß das japanische Verkehrsministerium seine besondere Zufriedenheit mit dem Fernkabel ausdrücken konnte. Namentlich die Nebensprechmessungen ergaben vorzügliche Werte, die den Garantiewert b = 7,5 für das Nebensprechen weit überschritten. Sehr gut waren auch die Ergebnisse der Messungen hinsichtlich der Frequenzabhängigkeit des Wellenwiderstandes. Es ergab sich, daß die Schwankungen der Wellenwiderstandskurve um eine mittlere Kurve für die 0,9 mm-Sprechkreise unter 5 v. H. und für die 1,4 mm-Sprechkreise unter 10 v. H. liegen. Dieser geringe Betrag, um den der Wellenwiderstand mit der Frequenz schwankt, ist besonders wertvoll für die gute Nachbildbarkeit des Pupinkabels für den Betrieb mit Fernsprechverstärkern. Auf Grund der Abnahmemessungen wurde Ende September das Kabel durch das japanische Verkehrsministerium übernommen, nachdem schon Anfang September die Hälfte der Sprechkreise dem Betrieb übergeben worden war.

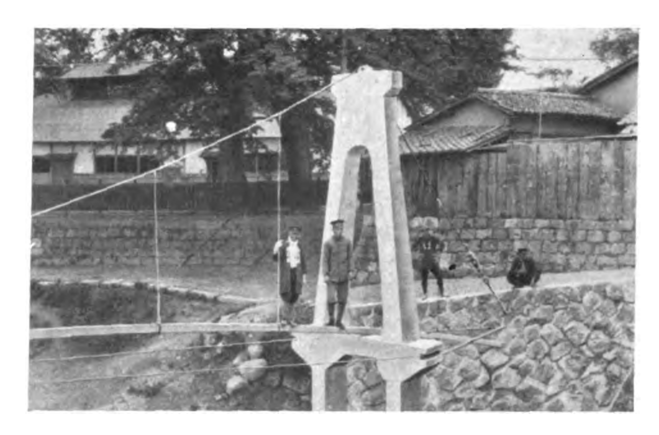


Bild 4. Tragesystem und Erdpfeiler für die Kabelüberführung in Yodomachi.

Eine Reihe Bilder, die von den Bauarbeiten auf der Strecke Osaka—Kioto stammen, mögen den Gang der Arbeiten näher veranschaulichen.

Bild 2 zeigt, wie die Kabellängen in einer Straße in Kioto verlegt werden. Neben dem 1 m tiefen Kabelgraben sind die Zementformstücke zum Abdecken des Kabels deutlich sichtbar.

Das Kabel mußte sehr häufig über schmale Wassergräben, die der Bewässerung der Reisfelder dienen, geführt werden. Man sieht aus Bild 3, wie das Kabel, in schützende Profileisen verlegt, über solche Gräben hinweggeführt wird.

Bild 4 zeigt eine ähnliche Überbrückung eines breiteren Grabens in Yodomachi. Eine Kabelverlegungskolonne, die Vorbereitungen für die Auslegung des obenerwähnten Luftkabels trifft, ist in Bild 5 wiedergegeben. Die Arbeiten bei der Verlegung des Luftkabels selbst über



Bild 5. Kabelverlegungskolonne bei den Vorbereitungen für die Auslegung des Luftkabels.



Bild 6. Verlegung des Luftkabels über den Yahata-River.



Bild 7. Bei der Arbeit am ersten Pupinspulenpunkt in Kioto.

den breiten Strom zeigt Bild 6. Aus Bild 7 sind die Arbeiten am ersten Pupinspulenpunkt in Kioto näher zu ersehen.

Nach beendeter Abnahme erkannte das Verkehrsministerium an, daß die Anlage Osaka—Kioto die beste zur Zeit in Japan bestehende Fernkabelanlage sei, so daß zu hoffen ist, daß dieser schöne Erfolg der deutschen Fernkabeltechnik zu weiteren Aufträgen für das japanische Fernkabelnetz führen wird.

Anthygron-Leitungen
für Verlegung in Viehställen und Räumen mit ätzenden Dünsten

Von Otto Bodemann, Oberingenieur im Kabelwerk der SSW, Abt. SK 4.

Die Verlegung von Leitungen in feuchten Räumen und in Räumen mit ätzenden Dünsten ist eine Aufgabe, deren restlos befriedigende Lösung in vielen Fällen bisher nicht möglich war. Vor allem hat der Elektroinstallateur mit der Verlegung in Viehställen große Schwierigkeiten zu überwinden, weil er den Anforderungen der Feuersicherheit, Widerstandsfähigkeit gegen Ammoniakdünste, zuverlässigen Erdung, mechanischen und elektrischen Sicherheit in erhöhtem Maße Rechnung tragen muß. Ferner dürfen auch die Kosten solcher Installation nicht zu hoch werden, wie dies z. B. bei manchen Anlagen in chemischen Betrieben, Bergwerken usw. möglich ist, wo ähnliche Beanspruchungen auftreten. Jede der bisher üblichen Verlegungsarten auf Porzellanisolatoren, in Stahlpanzerrohr oder mit Bleikabeln hat für sich ihre eigenen Vorteile. Sie haben aber alle den Nachteil, daß die Anlagen, besonders in elektrischer Beziehung, sich häufig schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit nicht mehr in dem ordnungsgemäßen Zustand befinden, den man in solchen Anlagen, wo Mensch und Tier sich aufhalten, fordern muß.

Bei der Verlegung blanker oder wetterfest umhüllter Leitungen auf Porzellanrollen oder Isolatoren wird man oftmals gezwungen, besondere Maßnahmen als Schutz gegen mechanische Verletzung zu treffen, da in den fast durchweg sehr niedrigen Viehställen zufällige Berührung der frei gespannten Leitungen mit landwirtschaftlichen Geräten unvermeidlich ist. Die Drähte werden heruntergerissen oder hängen wie Wäscheleinen herum, es entsteht hierdurch selbst bei scheinbar in Ordnung befindlicher Isolierung Unfallgefahr, weil die frei gespannten Drähte mit Feuchtigkeit durchtränkt und die Isolatoren mit einer feuchten Schmutzschicht überzogen sind. Man pflegt deshalb die Leitung nachträglich mit Lack oder Farbanstrich zu versehen, dieser blättert aber leicht ab, wodurch er seinen Zweck als Oxydationsschutz, von Berührungsschutz ganz zu schweigen, nicht erfüllt. Außerdem muß dieser Anstrich in bestimmten Zeiträumen erneuert werden, so daß dauernde Unkosten entstehen. Um einen sicheren Berührungsschutz zu erhalten, wählt man häufig die Anordnung von Brettern und Latten in gewissem Abstand um die Leitungen herum. Die

Leitungen werden dadurch der Kontrolle entzogen, Heu und Stroh setzen sich in dem Lattenverschlag ab, Schwalben bauen hier und in den offenen Wanddurchführungen ungestört ihre Nester, so daß bei der vorhandenen Feuchtigkeit nach und nach leitende Verbindungen entstehen, die zu Störungen führen müssen.

Die viel angewendete und sehr beliebte Verlegungsart in Stahlpanzerrohr hat den Nachteil, daß der äußere Mantel trotz eines etwaigen nachträglichen Anstrichs rostet. Im Innern der Rohre wird sich aber stets infolge des Temperaturwechsels, verbunden mit dem Luftumlauf, Kondenswasser, das in Ställen mit Ammoniak getränkt ist, absetzen, wodurch die eingeschlossenen Leitungen mit der Zeit vollständig verrotten. Die Nässeansammlung in den Rohren kann auch dadurch nicht vollständig vermieden werden, daß man sie an tieferliegenden Stellen anbohrt, um das Wasser abtropfen zu lassen, weil die Papierauskleidung selbst stark durchfeuchtet ist. Auch bei Rohren ohne Papierauskleidung sind die inneren Wandungen mit Feuchtigkeit benetzt, und diese wird trotz Abflußmöglichkeit erst dann heraustropfen, wenn sich größere Mengen gebildet haben. Schon nach verhältnismäßig kurzer Zeit weisen auch diese Anlagen nur noch einen geringen Isolationswert auf. Ferner wird man infolge der durch das ganze Rohrsystem hindurchziehenden Feuchtigkeit sehr bald in Dosen, Fassungen und Schaltern feststellen können, daß sich die Kontakte und Kontaktschrauben mit Grünspan überziehen, der auf die angeschlossenen Leitungsenden übergreift, sie allmählich durchfrißt, und es entsteht zuletzt eine schmorende hitzeerzeugende Funkenbildung, ohne daß die Sicherungen zunächst ansprechen. Die Gummihüllen der Leitungen werden zerstört, wodurch Spannungsüberschläge erfolgen, die erst allmählich die vorgeschalteten Sicherungen zum Durchschmelzen bringen.

Solche und ähnliche Fehler werden aber immer nur an den Stellen beseitigt, wo sie gerade auftreten, alles übrige bleibt seinem Schicksal überlassen, weil eine gründliche Instandsetzung mit unbequemen Kosten verbunden ist und man sich damit tröstet, daß alles seinerzeit vorschriftsmäßig und nach Verbandsregeln ausgeführt war.

Die Anlagen, die mit Bleikabeln ausgeführt sind, haben den vorerwähnten Verlegungsarten gegenüber viele Vorteile, weil sie ihnen in elektrischer Hinsicht weit überlegen sind und keine Kondenswasserbildung auftritt. Die Nachteile liegen hier vor allem aber darin, daß sich solche Anlagen, einwandfrei ausgeführt, viel zu teuer stellen. Außerdem haben die dünnen Kabel, ihres weichen Bleimantels wegen, auch in Ausführung mit der gewöhnlichen schwachen Eisenbandarmierung nicht genügend Steifigkeit. Ferner muß man berücksichtigen, daß im Bereiche der Überlandwerke nicht immer geschultes Monteur-Personal zu haben ist, das mit der sachgemäßen Ausführung einer Bleikabel-Installation Bescheid weiß.

Unter diesen Verhältnissen lag genügend Veranlassung vor, eine für derartige Betriebe geeignete Leitung mit zweckmäßigen Zubehörteilen und vor allem einheitlicher Verlegungsart zu schaffen. Die Siemens-Schuckertwerke haben hierfür ein neues Installations-System unter Verwendung der Anthygron-Leitung („Anthygron" hergeleitet aus anti = gegen, hygron = Feuchtigkeit) durchgebildet. Diese Leitung hat größtmögliche Widerstandsfähigkeit gegen Ammoniak und sonstige schädliche Dünste, sie wird auch von Nässe und Feuchtigkeit nicht angegriffen und bietet genügend große Festigkeit gegen mechanische Einwirkung. Sie ist verwendbar in allen Niederspannungsanlagen, die eine Spannung von 250 V gegen Erde führen (d. h. auch in Gleichstrom-Dreileiternetzen mit einer Außenspannung von 440 V und Drehstromnetzen 380 V mit geerdetem Nulleiter). Die Leitung wird als Einfach- oder Mehrfachleitung, im letzteren Fall mit farbig gekennzeichneten Adern, hergestellt. Sie entspricht den Vorschriften des V. D. E. Die einzelnen Adern sind von einem gemeinsamen, luftdicht umschließenden Gummimantel umgeben, so daß sich in ihrem Innern keine Hohlräume befinden und jegliche Kondenswasserbildung mit ihren schädlichen Folgen ausgeschlossen ist. Bild 1 zeigt den Aufbau der Anthygron-Leitung. Die mechanische Festigkeit erhält die Leitung durch einen unterhalb der

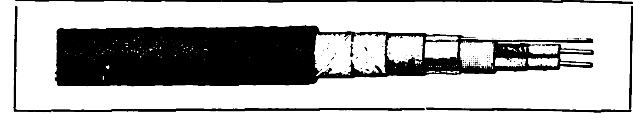


Bild 1. Anthygron-Leitung, Type NRGU, mit Nulleiter bzw. blankem Erdungsdraht.

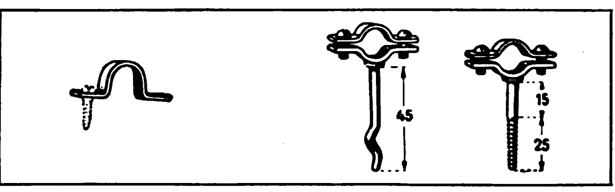


Bild 2. Schelle. Bild 3. Abstandschellen.

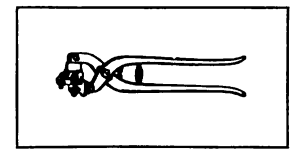


Bild 4. Biegezange für Anthygron-Leitungen.

äußeren Schutzhüllen gefalzten Metallmantel, der durch die herumgelegten Schutzhüllen nicht angegriffen werden kann.

Die Anthygron-Leitung wird auch mit einem besonderen am Metallmantel anliegenden, verzinnten, blanken Kupferleiter hergestellt, der entweder als Rückleiter in geerdeten Gleich- und Drehstromanlagen dient oder in beliebigen Netzen für die Erdung allein benutzt wird.

Diese Leitung wird als fest verlegte Leitung unmittelbar auf oder besser mit geringer Entfernung (etwa 5 mm) von der Wand installiert; letztere Verlegungsart sollte bei nassen Wänden stets gewählt werden. Als Befestigungsmittel dienen kräftige spritzverzinkte Eisenschellen (Bild 2) bzw. Abstandschellen (Bild 3), die in ammoniak- und säurehaltigen Räumen mit einem Speziallack überstrichen werden.

Das Geraderichten der Leitung geschieht in derselben Weise wie beim Rohrdraht, entweder mit dem Geraderichter (5 Rollen) oder von Hand. Das Biegen läßt sich, wenn mit Vorsicht ausgeführt, bei nicht zu kleinen Bogen ebenfalls von Hand ausführen, sonst aber bedient man sich der Biegevorrichtung für Stahlpanzerrohr oder einer besonderen Biegezange für Anthygron-Leitungen (Bild 4). Diese Zange ist so konstruiert, daß sich Bogen leicht mit ihr herstellen lassen; sie hat den Vorteil; daß die äußere Schutzhülle der Leitung nicht beschädigt wird.

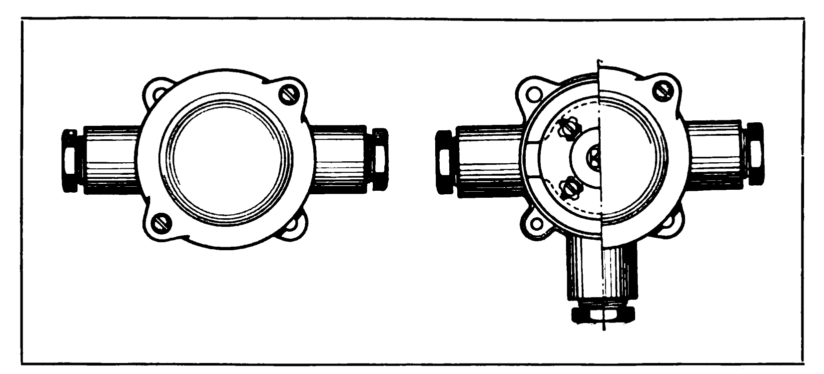


Bild 5. Wasserdichte Abzweigdosen mit Stopfbuchsenverschraubung.

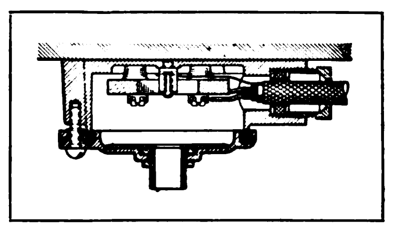


Bild 6. Enddose für Beleuchtungskörper.

Für die Abzweigungen sind besondere wasser- und säuredicht geschlossene, mit säurefestem Lack überzogene Gußeisendosen mit Messing-Stopfbuchsen-Verschraubungen vorgesehen (Bild 5), deren Konstruktion eine bequeme Montage der Leitungen und Anschlüsse ermöglicht. Die Dosen werden je nach Art der Abzweigung mit zwei, drei oder vier Einführungsstutzen ausgeführt. Bei dem Verlegungssystem mit Anthygron-Leitungen ist auch die Bildung von Kondenswasser in den Abzweigdosen ausgeschlossen, da im ganzen System und auch innerhalb der Leitung kein Luftumlauf stattfindet. Die Benutzung dieser Dosen erübrigt das umständliche und zeitraubende Ausgießen, sie bietet dadurch den Vorteil, daß die Anschlußklemmen jederzeit zugänglich sind und Erweiterungen der Anlage ohne Schwierigkeit vorgenommen werden können. Sämtliche Dosen haben in der Mitte eine Erdungsklemme zur Verwendung in Netzen mit geerdetem Nulleiter oder als Erdungsschraube allein. Die Abdichtung der in die Stopfbuchsen eingeführten Leitungen wird über dem äußersten Leitungsmantel vorgenommen (Bild 6), so daß das vorher abgestufte Leitungsende bis zu den einzelnen in ihr befindlichen Adern hinter dem Gummidichtungsring liegt.

Die in Bild 6 dargestellte Enddose mit nur einem Einführungsstutzen ist in der Hauptsache für den unmittelbaren Zusammenbau mit hängend angeordneter Leuchte mit $^{3}/_{8}$"-Rohrgewinde bestimmt. Der zugehörige Deckel, der auch für die übrigen Dosen verwendet werden kann, hat ein entsprechendes Gewindestück.

Als Schalter eignen sich am besten die porzellangekapselten Zetaschalter Z 4 kpA, ebenfalls mit Stopfbuchsenverschraubung zur Abdichtung der eingeführten Anthygron-

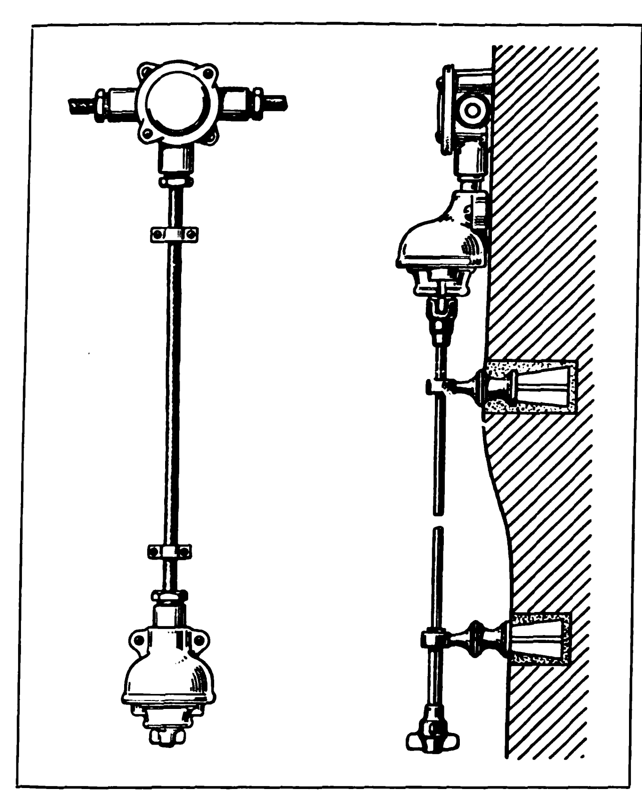


Bild 7. Schalter mit eingeführter Anthygron-Leitung.

Bild 8. Schalter mit unmittelbarem Anschluß an die Abzweigdose.

Leitung versehen (Bild 7). Die Stopfbuchsenverschraubung am Schalter und die entsprechenden an der Dose sind jedoch nicht erforderlich, wenn der Schalter unmittelbar unter die Abzweigdose gesetzt wird (Bild 8). Bei dieser Anordnung werden Dose und Schalter unter Fortfall der Stopfbuchsenverschraubung mittels Gewindereduktionsstück (ST 16 auf 13,5), siehe Bild 9, unmittelbar miteinander verbunden und der Schalter durch Schaltstange bedient. Diese Anordnung ist, wie das Montagebeispiel Bild 10 zeigt, das eine Lampeninstallation mit zugehörigem Schalter darstellt, besonders zu empfehlen, da man hierbei außerdem die Schalterzuleitung erspart und der Schalter selbst außer Handbereich montiert ist. Die im Schalter vorhandenen dünnen Porzellanwände, die für den Ablauf von Schwitzwasser durchstoßen werden sollen, müssen geschlossen bleiben.

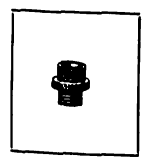


Bild 9. Gewinde-Reduktionsstück.

Für die Wahl der Beleuchtungskörper kommen die allgemein üblichen Leuchten aus Porzellan oder Gußeisen für feuchte Räume in Betracht. Bei Verwendung der Wandleuchte S 478 bzw.

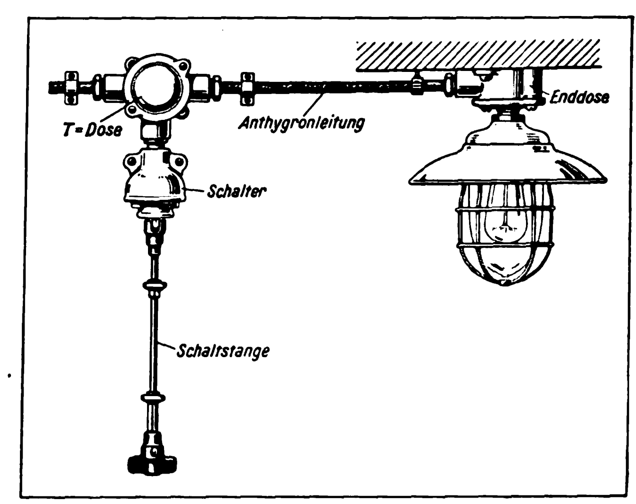


Bild 10. Brennstelle mit hängender Leuchte und Schalter mit Schaltstange.

S 479 ist keine Enddose erforderlich. Es wird hier die Öffnung der Leitungseinführung als Stopfbuchsen-Verschraubung ausgebildet. Bei unmittelbarem Anschluß an eine Abzweigdose ist auch hier nur das Gewindereduktionsstück notwendig. Bei Verwendung dieser Wandleuchte lassen sich verschiedene zweckmäßige Anordnungen in Verbindung mit Dose und Schalter

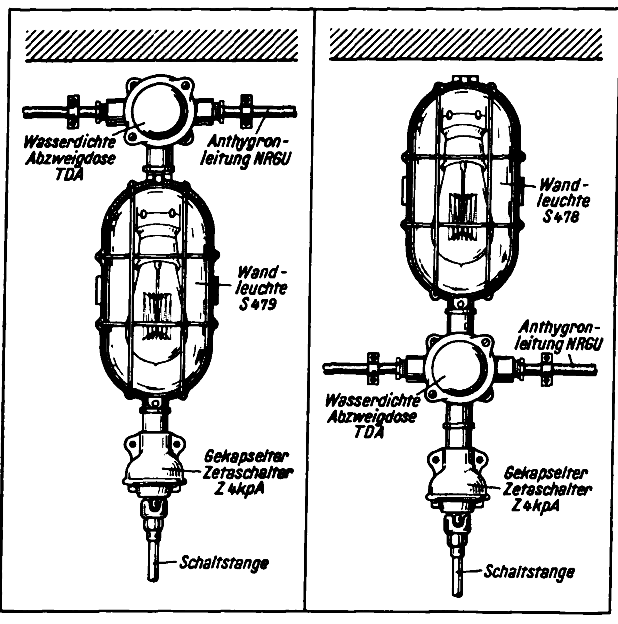


Bild 11. Brennstelle mit Wandleuchte und Schalter.

Bild 12. Brennstelle mit über der Dose angeordneter Wandleuchte und Schalter.

erreichen, wie dies aus den Montagebeispielen Bild 11 bis 13 hervorgeht.

Die Wanddurchführungen lassen sich am einfachsten mit der Anthygron-Leitung selbst

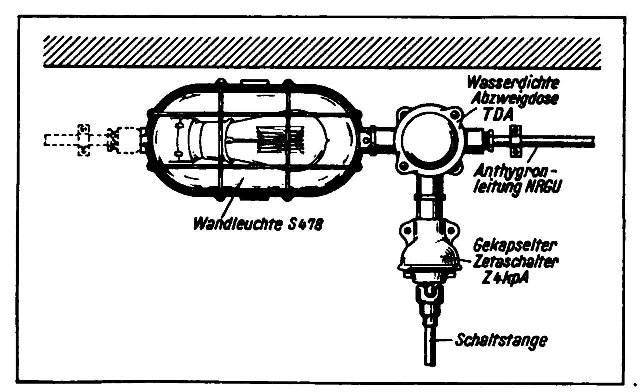


Bild 13. Brennstelle mit liegend angeordneter Wandleuchte und Schalter.

herstellen, indem man diese Leitung im feuchten Raum (Ställe usw.) an die wasserdichte Abzweigdose anschließt und auf das an der anderen Mauerseite heraustretende Leitungsende — wenn es sich um einen trockenen Raum handelt — eine normale Dose mit rückwärtiger Einführung aufsetzt (Bild 14). Bei Wanddurchführungen vom feuchten Raum ins Freie schiebt man eine Porzellanpfeife mit zwei oder mehr Ausführungen auf die mit ihren einzelnen Adern freigelegte Leitung (Bild 15). Die Stelle, an der die einzelnen freigelegten Gummiadern aus den sie umgebenden Umhüllungen heraustreten, ist vorher mit Speziallack ringsum zu bestreichen; außerdem empfiehlt es sich, vor dem Anschließen der Anthygron-Leitung an die wasserdichte Abzweigdose und endgültigem Einzementieren der gesamten Wanddurchführung die Porzellanpfeife mit Spezialmasse auszugießen.

Die Anthygron-Leitungen mit am Metallmantel anliegendem blanken Kupferdraht sollten nach Möglichkeit bevorzugt werden, da mit Hilfe dieses Drahtes ein in der ganzen Anlage zusammenhängendes Erdungssystem gebildet wird, wodurch jeder etwa auftretende Isolationsfehler zum luftabgeschlossenen Kurzschluß führt und die Sicherung zum Durchschmelzen bringt, ohne daß irgendwelche Feuererscheinungen nach außen auftreten können. Es wird hierbei auch erreicht, daß alle aus Isolationsfehlern herrührenden Kriechströme, die Mensch und Tier gefährden können, auf Nebenwegen abgeleitet werden. Die Sicherheit gegen Unfälle ist also bei Anwendung dieser Leitungen so erhöht, daß der zusätzliche Einbau von Klein- bzw. Stalltransformatoren zur Herabsetzung der gebräuchlichen Niederspannungen (120 bzw. 220 V) auf Niedrigstspannungen (20 bis 40 V) vielfach entbehrlich sein wird.

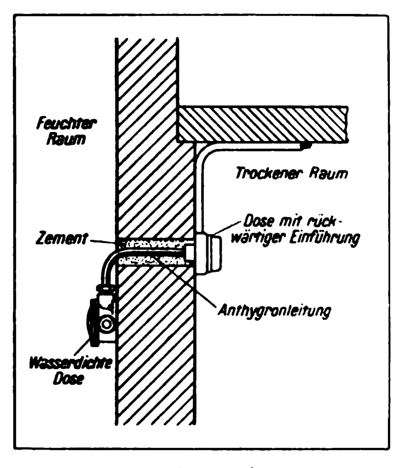


Bild 14. Wanddurchführung vom feuchten Raum zum trockenen Raum.

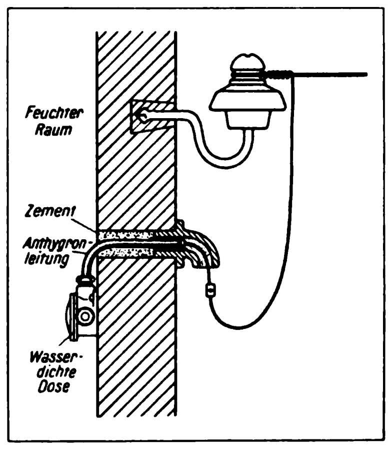


Bild 15. Wanddurchfuhrung vom feuchten Raum ins Freie.

Dieses System dürfte sich kaum teurer stellen als Stahlpanzerrohr-Verlegung, wenn man in beiden Fällen die Montagekosten berücksichtigt. Da es ferner einen großen Verwendungsbereich umfaßt und für alle Betriebe mit feuchter und säurehaltiger Luft in Frage kommt, wie z. B. chemische Fabriken, Färbereien, Bergwerksanlagen, Spinnereien, Brauereien, Meiereien, Fleischereien, Wäschereien usw., wird es sich bei seinen vielen Vorteilen sicherlich sehr bald für derartige Betriebe einführen.

KLEINE MITTEILUNGEN

100 kV-Umspannwerk Chemnitz-Süd.

Von Ingenieur E. Meißner, Abteilung Zentralen.

Das neueste 100 kV Umspannwerk Chemnitz-Süd der Aktiengesellschaft Sächsische Werke Dresden wurde von den Siemens-Schuckertwerken in den Jahren 1923/24 erbaut. Es ist an der Zwönitz gelegen, in unmittelbarer Nähe des Bahnhofes Erfenschlag in Sachsen und nimmt eine bebaute Grundfläche von etwa 1500 m² ein (Bild 1).

Die vom Kraftwerk Hirschfelde bei Zittau über Umspannwerk Dresden-Süd kommende 100 kV Doppelleitung speist dieses Werk. Die Anlage umfaßt das Schalthaus

mit Kommandoraum, das Umspannerhaus, das durch eine Überführung mit dem Schalthause in Verbindung steht, die Werkstatt, das Pumpenhaus, den Autoschuppen und das Vierfamilien-Wohnhaus (Bild 2 u. 3).

Die Betriebsspannung beträgt oberspannungsseitig 100 kV, diejenige der Unterspannungsseite 33 kV. Die Isolierung erfolgt mit Repelit Serie VIII bzw. Porzellan Serie V. Das Umspannwerk enthält

2 ankommende Freileitungen 100 kV vom Kraftwerk Hirschfelde,

2 abgehende Freileitungen 100 kV nach Umspannwerk Silberstraße,

2 Transformatoren je 15000 kVA 100/33 kV mit Kühlschlangen im Freien angeordnet und mit Zusatz-Transformatoren,

10 Freileitungen 33 kV für Speisung von Teilen des Erzgebirges und des Vogtlandes.

Für die Reglung der 30 kV-Spannung sind 2 Zusatz-Transformatoren mit je 7 Spannungsstufen vorgesehen. Hierdurch kann die Spannung um 2,5 bzw. 5 oder 7,5 v. H. erhöht oder erniedrigt werden.

Das Umspannwerk ist 100 und 30 kV-seitig mit Doppelsammelschienen ausgerüstet (Bild 3). Die 100 kV-Sammelschienen bestehen aus Messingrohr 40/38 mm und sind im Obergeschoß mit Hängeketten nebeneinander an der Dachkonstruktion befestigt. Die 30 kV-Sammelschienen bestehen aus Kupferrohr 40/36 mm und sind an den Wänden im Bedienungsgang im Erdgeschoß auf Porzellanstützen übereinander angeordnet. Da sich das 30 kV-Sammelschienen-System unmittelbar unter der 100 kV-Anlage befindet, ist dieses mit Betonplatten abgedeckt, damit in Störungsfällen ein Übergreifen der Flammenbögen auf die 100 kV-Anlage vermieden wird. Die Sammelschienen-Trennschalter sind horizontal hängend angeordnet und öffnen sich nach unten. Zwischen den einzelnen Feldern sind vertikale Trennplatten aus 30 mm starkem Duromaterial angebracht, um bei Reparaturarbeiten während des Betriebes vor Berührung mit den Nachbarfeldern zu schützen. Die Antriebe der Sammelschienen-Trennschalter des 100 und 30 kV-Systems befinden sich im Bedienungsgang im Erdgeschoß neben den zugehörigen Ölschalter-

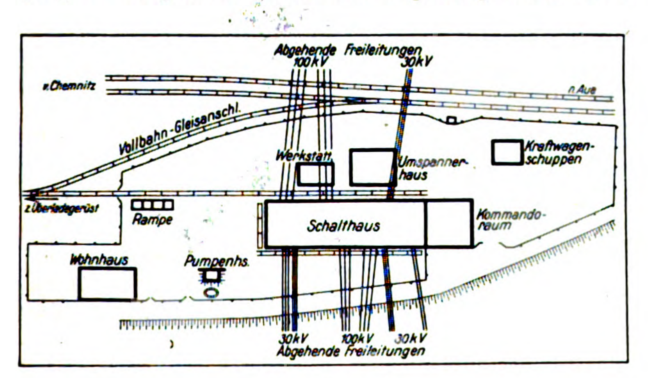


Bild 1. Lageplan.

Antrieben; die Antriebe sämtlicher Freileitungstrennschalter sowie der Längstrennschalter des 100 kV-Systems hingegen sind im Obergeschoß an den Zellenwänden angeordnet (Bild 5).

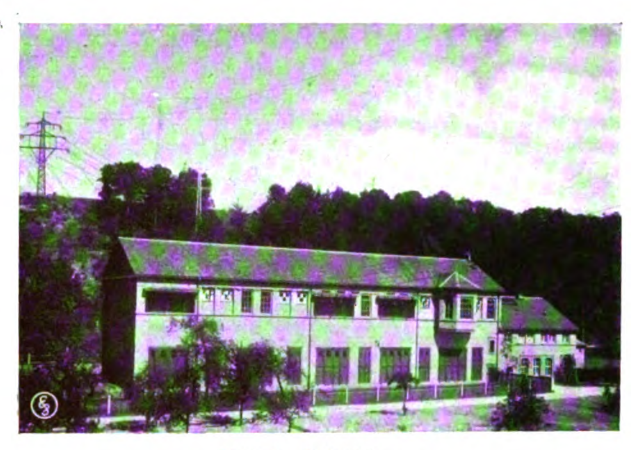


Bild 2. Schalthaus.

Um Raum zu sparen, wurden die 100 und 30 kV-Zellen ineinander geschachtelt (Bild 4) und einer 100 kV-Zelle jeweils 2 Zellen für 30 kV gegenübergestellt. Es ist dies die gleiche Bauart wie bei dem Umspannwerk Silberstraße, dessen 100 kV-Anlage von den SSW im Jahre 1922 erstellt wurde.

Die 100 kV-Ölschalter sind 3-Kessel-Schutzschalter. Sie haben aufgebaute Überstromauslöser in den 3 Phasen und Schaltmotor-Antriebe. Die Schalter für die beiden 15000 kVA-Transformatoren haben außerdem eingebaute Ringstromwandler zur Betätigung des Differential-Schutzes. Die 30 kV-Ölschalter sind druckfeste Schutzschalter, die durch Handantriebe an Gußeisensäulen mit eingebauten Spannungsauslösern betätigt werden. Für die Überstromauslösung wurden hier Sekundärrelais mit unabhängiger Zeiteinstellung verwandt. Als Stromwandler wurden kurzschlußsichere Einleiter- und Mehrleiterwandler eingebaut. Sämtliche Ölschalter- wie auch die Transformatoren-Zellen haben Ölablaufgruben zur Ableitung des Öles in eine gemeinsame Ölsammelgrube.

Die 30 kV-Doppelsammelschienen erhielten je 2 Spannungswandler zur Messung und zum Synchronisieren,

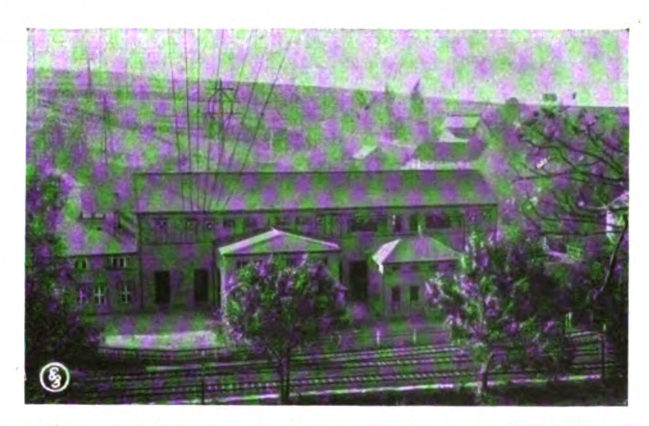


Bild 3. Schalthaus mit Umspannerhaus und Werkstatt.

während in der 100 kV-Anlage Spannungsmessung und Synchronisieren durch Anschluß an Durchführungs-Kondensatorklemmen erfolgt. An die 30 kV-Sammelschienen ist je 1 Überspannungs-Hörnerschutz und 1 um-

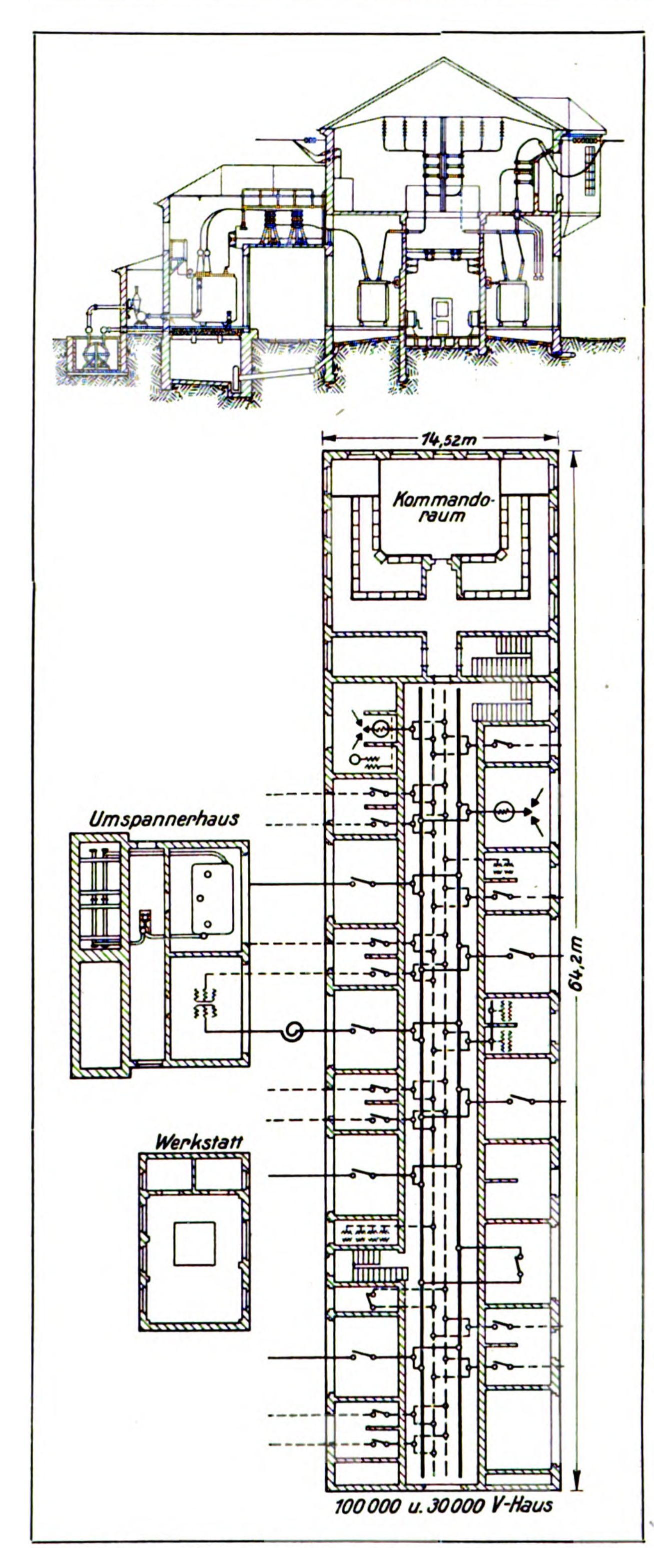


Bild 4. Querschnitt und Grundriß des Schalt- und Umspannerhauses.



Bild 5. Bedienungsgang.

Transformatoren oberspannungsseitig durch einpolige Schutzdrosselspulen geschützt sind.

Die Außendurchführungen der 100 kV-Anlage haben Porzellan-Überwürfe und sind schräg nach unten stehend in Nischen angeordnet, die vom Obergeschoß aus zugänglich sind. Die Außenwanddurchführungen der 30 kV-Anlage, in schräger Anordnung eingebaut, haben ebenfalls Porzellan-Überwürfe und entsprechen der Ser. VI.

Die Anlage wird vom Kommandoraum aus überwacht und gesteuert, der als vollkommen abgeschlossener Raum sich unmittelbar an die Schaltanlage anschließt. Die Hauptschalttafel ist in U-Form aufgestellt und besteht aus 16 Feldern in Jura-Marmor (Bild 6). Auf der Schalttafel befinden sich folgende Instrumente: Jede 100 kV-Freileitung erhielt einen Strom- und einen Spannungszeiger, jede 30 kV-Leitung 1 Leistungszeiger und 1 cos φ-Zeiger als Vierquadranten-Instrument. Für die Transformatoren sind 30 kV-seitig Stromzeiger und registrierende Leistungszeiger eingebaut. Ferner sind die Instrumente für Erdschlußüberwachung und Synchronisierung der 100 kV-Anlage auf der Hauptschalttafel angeordnet,



Bild 6. Kommandoraum.

schaltbare Erdungsdrosselspule angeschlossen. Letztere dient gleichzeitig zur Erdschlußüberwachung. In der 100 kV-Anlage ist vorerst Platz für einen Überspannungsschutz vorgesehen. Es ist noch zu erwähnen, daß die

während die Instrumente für Synchronisierung der 30 kV-Anlage im Bedienungsgang angebracht sind. Ein Feld der Hauptschalttafel enthält die Temperatur-Meß- und Gefahrmeldeanlage.

Hinter der Hauptschalttafel befinden sich die Zählertafeln und die Tafeln für die Eigenbedarfs-Anlage, die in Duromaterial von 60 mm Stärke ausgeführt sind.

An den Wänden im Bedienungsgang sind montiert: je 1 Stromzeiger für 30 kV-Freileitungen und für Transformatoren sowie Maximalrelais, Zeitrelais und Differentialrelais.

Der Betriebszustand wird durch Signallampen gekennzeichnet. Die Stellung der Ölschalter zeigen „Aus"- und „Ein"-Lampen — rot und grün — die Stellung der Sammelschienen-Trennschalter Systemlampen — blau und gelb. — Diese Lampen sind an der Hauptschalttafel im Kommandoraum nur für die 100 kV-Schalter vorgesehen, im Bedienungsgang jedoch auch die gleichen Lampen für sämtliche Ölschalter. In den Ölschalterzellen befinden sich Gefahrlampen, die bei Eintritt in die Zellen den Spannungszustand anzeigen. Hierbei ist der Grundsatz durchgeführt, daß eine dunkle Lampe Gefahr anzeigt, um die Vortäuschung der Gefahrlosigkeit durch eine durchgebrannte Lampe zu vermeiden. Der Stromkreis der Gefahrlampe ist über die Hilfskontakte sämtlicher Trennschalter geführt, die nach der Zelle Spannung vermitteln können. Die Antriebe der Freileitungstrennschalter im Obergeschoß sind mit Merklampen versehen zur Kennzeichnung der Stellung des dazugehörigen Ölschalters. Diese Lampen brennen, wenn der zugehörige Ölschalter ausgeschaltet ist, d. h. die dunkle Lampe zeigt Gefahr an.

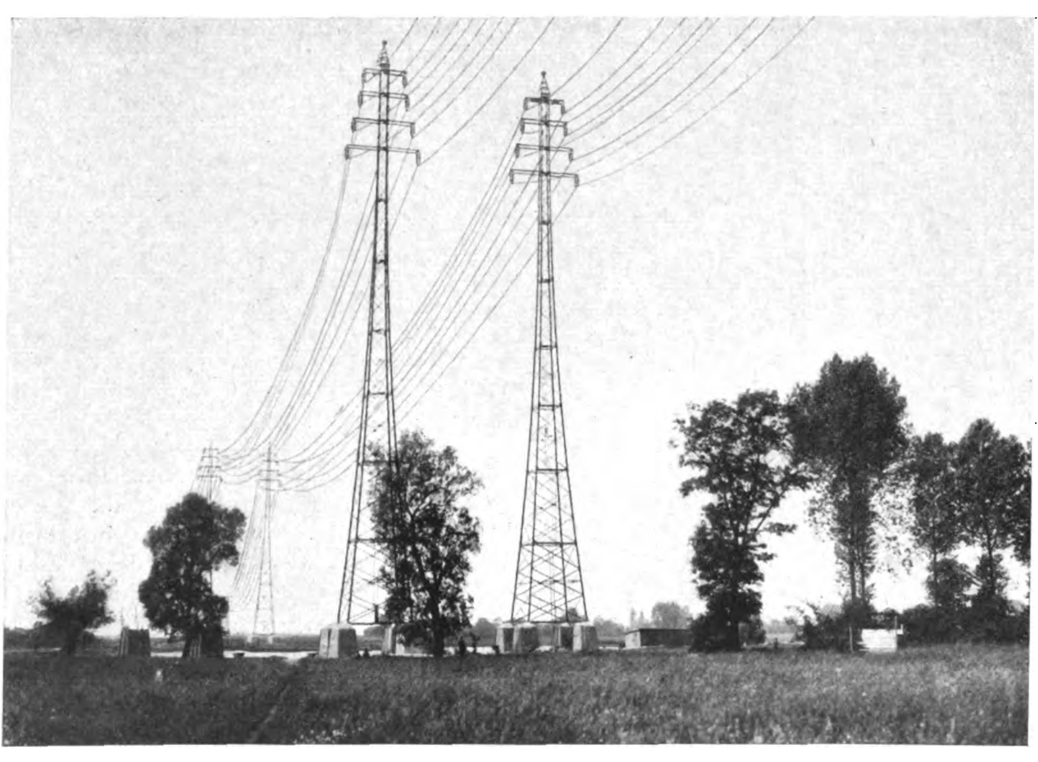
Als unabhängige Stromquelle zur Betätigung der Steuerungen dient eine Akkumulatorenbatterie von 55 A/h Kapazität bei 225 V. Die Ladung der Batterie erfolgt durch einen 10kW-Ladeumformer, der sich in unmittelbarer Nähe der Eigenbedarfsanlage befindet. Die Batterie mit Zellenschalter steht im Keller unter dem Kommandoraum. Für die Temperatur-Meß- und Gefahrmeldeanlage sowie Betriebsfernsprecher und Uhrenanlage dient eine 24 V-Batterie mit Ladeeinrichtung von 0,5 kW. Zwei Werkumspanner von je 50 kVA-Leistung, davon einer zur Reserve, sind vorgesehen für Beleuchtung des Umspannwerkes, der Wohnungen und für die Nebenbetriebe. Bei Ausbleiben der 30 kV-Spannung wird die Beleuchtungsanlage selbsttätig auf die Batterie umgeschaltet. Die Steuer-, Signal- und Meßleitungen liegen in Kabelkanälen innerhalb des Bedienungsganges. Diese Kanäle sind durch abnehmbare Betonplatten zugänglich.

Um das Schalt- und Umspannerhaus ist ringförmig eine Erdleitung verlegt aus verzinktem Bandeisen 2 × (40×2) mm in Tiefe von etwa 30 cm. An sechs gleichmäßig verteilten Punkten sind je vier verzinkte Gasrohre 2½" je 3 m lang in das Erdreich eingetrieben. Diese Anordnung stellt eine vorzügliche Erdung dar, zumal der Grundwasserspiegel der Zwönitz verhältnismäßig hoch liegt.

Als bemerkenswert ist noch die elektrische Warmwasserheizung zu erwähnen. Sie besteht aus einem Elektroden-Wasser-Durchlauferhitzer, einem Wärmespeicher und normalen Heizkörpern. Da der Warmwasserspeicher nachts aufgeladen wird, ist eine zusätzliche Belastung des Kraftwerkes vermieden.

Für den Transport der Transformatoren und Apparate ist am Umkehrpunkt des Anschlußgleises ein Überladegerüst für 70 t Last aufgebaut. Zum Verfahren der schweren Teile dienen Schiebebühnen, deren Höhe mit den Laufschienen der Transformatoren- und Ölschalterzellen übereinstimmt, so daß die Apparate ohne weiteres in die Zellen eingefahren werden können.

Durch die Vereinigung der 100 und 30 kV-Anlagen in einem Gebäude wurde einerseits die Bedingung möglichster Raumersparnis erreicht und andererseits, trotz rauchsicherer Unterteilung der Anlage, doch eine gute Übersicht erzielt, da beide Sammelschienensysteme und die Stellung der Trennschalter vom Bedienungsgang aus gut zu übersehen sind.



Spezial-Luftkabel über den Rhein. An den oberen Traversen sind vier Luftkabel aufgehängt, darunter befinden sich sechs Hochspannungsleitungen. (Text auf folgender Seite).

Luftkabel für sehr große Spannweiten.

Bei der Kreuzung von Flußläufen durch Hochspannungsleitungen hat man bisher die im Zuge der letztgenannten verlaufenden Fernmeldeleitungen an den Flußübergängen als Flußkabel verlegt. Diese halten jedoch den infolge des Schiffsverkehrs durch Ankerwerfen und dergleichen entstehenden Beanspruchungen auf die Dauer nicht stand und geben daher Veranlassung zu häufigen Störungen des Fernmelde-Betriebes. Aus diesem Grunde ist man in letzter Zeit dazu übergegangen, diese Flußkabel durch an den Kreuzungstürmen aufgehängte Spezialluftkabel zu ersetzen.

Nachdem die Siemens & Halske A.-G., Abteilung für Schwachstromkabel, bereits vor etwa zwei Jahren einen Auftrag auf Lieferung mehrerer derartiger Luftkabel für die Herstellung von Leitungskreuzungen des Rheines erhalten hatte (vgl. das Bild auf Seite 189), ist sie kürzlich von den Stickstoffwerken in Piesteritz mit der Lieferung zweier solcher Kabel für die Kreuzung der Elbe bei Piesteritz beauftragt worden.

Die Luftkabel müssen wegen der erforderlichen großen Spannweiten eine ganz besondere Konstruktion erhalten.

20 000 kW-Untergrund-Umformerwerk Leipzig.

Die SSW erhielten von der Stadt Leipzig den Auftrag auf die schlüsselfertige Herstellung eines Umformerwerkes für 20 000 kW Gesamtleistung, das in verschiedener Hinsicht bemerkenswert ist. Ein freier Platz konnte für das Werk im Mittelpunkt der Stadt nicht zur Verfügung gestellt werden, und es muß daher ein Untergrundwerk unterhalb

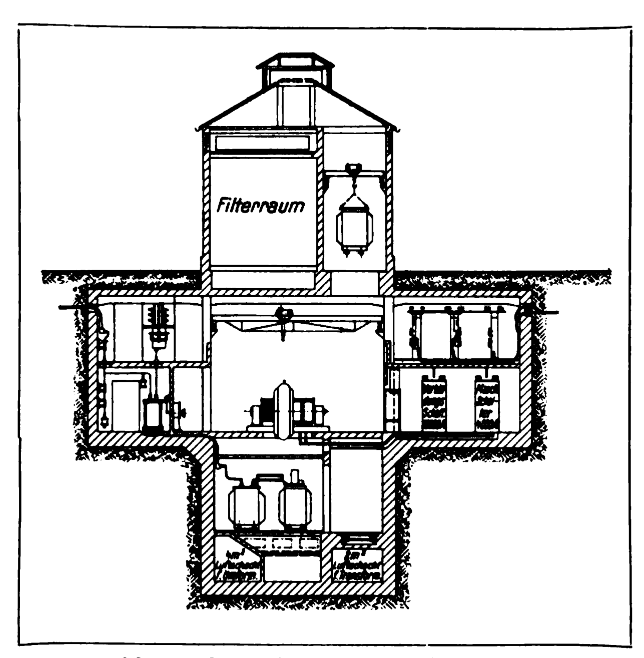


Bild 1. Schnitt durch das Umformerwerk.

des Roßplatzes am Moritzdamm gebaut werden, das eine Länge von 70 m bei einer Tiefe von 17 m und einer oberen Breite von 23 m erhält. Die Energie wird dem Umformerwerk mit 10 000 V Drehstrom zugeführt und dann vermittels Einankerumformer in Gleichstrom von 2 × 220 V bzw. 550 V Bahnstrom umgewandelt.

Zunächst werden fünf Einankerumformer mit zugehörigen Haupt- und Drehtransformatoren von je 2000 kW Leistung, sowie die entsprechende Drehstrom- und Gleichstromschaltanlage aufgestellt. Der bauliche Teil wird jedoch von vornherein für zehn Maschinensätze vorgesehen. Das Anlassen der Umformer geschieht von Hand oder selbsttätig mit Teilspannung. Einen Schnitt durch das Umformerwerk zeigt Bild 1.

Ganz besondere Beachtung muß bei einem solchen Untergrund-Umformerwerk der Belüftungsanlage für die Einankerumformer, Transformatoren und Drehstromschaltanlage geschenkt werden. Die Kühlluft wird durch Filter gereinigt und, wenn nötig, gekühlt den Einankerumformern und Transformatoren unter Druck zugeführt. Später soll noch neben diesem Werk in einem besonderen unterirdischen Raum eine Akkumulatorenbatterie von 3600 A bei dreistündiger Entladung aufgestellt werden, die während einer halben Stunde mit 20 000 A beansprucht werden kann. Der bauliche Teil der gesamten Anlage wird in Eisenbeton von der Siemens-Bauunion ausgeführt, und es wird hierüber an anderer Stelle berichtet.

Die selbsttätige Feuermeldeanlage in der Salzburger Walzmühle Fr. Fißlthaler.

Nach Angaben des Wienerwerkes mitgeteilt von der Literarischen Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Im Sommer 1923 wurde in der ersten Salzburger Walzmühle Franz Fißlthaler eine von Siemens & Halske erbaute automatische Feuermeldeanlage[1]) dem Betrieb übergeben und hat sich glänzend bewährt. Das ist nicht allein der Zuverlässigkeit und Betriebssicherheit der Einrichtungen zu danken, sondern auch dem Umstande, daß sich die kleinen, unscheinbaren Melder ganz vorzüglich zum Einbau an besonderen Gefahrstellen eignen, ohne Rücksicht darauf, ob diese Stellen auch leicht zugänglich sind; ferner ist es möglich, der Anlage zusätzliche Einrichtungen anzugliedern, die im Falle der Gefahr, wenn also ein Melder anspricht, selbsttätig z. B. Motoren abschalten, so daß Betriebsvorgänge, die einer weiteren Ausdehnung des Brandes förderlich wären, sofort unterbrochen werden.

In den Elevatoren einer neuzeitlichen Mühle kann es vorkommen, daß der Aufzuggurt mit den daran befestigten Bechern stehen bleibt, die Gurtscheibe aber weiterläuft. Hält dieser Zustand einige Zeit an, so wird durch die Reibung der Gurt unter Umständen so heiß, daß er zu glimmen beginnt. Bringt man in den Aufzügen an den höchsten Stellen der Elevatorköpfe automatische Feuermelder an, die so eingestellt sind, daß sie bei Temperaturen von etwa 40° C an ansprechen, so ist es möglich, der Gefahr eines Brandes durch Abschalten der Antriebsmotoren vorzubeugen, weil der Gurt sich dann gar nicht bis zum Glimmen erhitzt. Je nach der Beschaffenheit des Mahlgutes setzt sich manchmal sogenannte

[1]) Die Wirkungsweise und die Bauart der automatischen Feuermelder sind in dieser Zeitschrift Jahrg. 1921, Heft 11, Seite 416ff eingehend beschrieben.



Sackwolle zwischen der Aufzugwand und der unteren Gurtscheibe fest, und es entsteht durch die Reibung unter Umständen so viel Wärme, daß Brandgefahr vorliegt. Auch hier beugt eine rechtzeitige Meldung durch automatische Feuermelder am Aufzugkopf dem Ausbrechen eines Feuers vor.

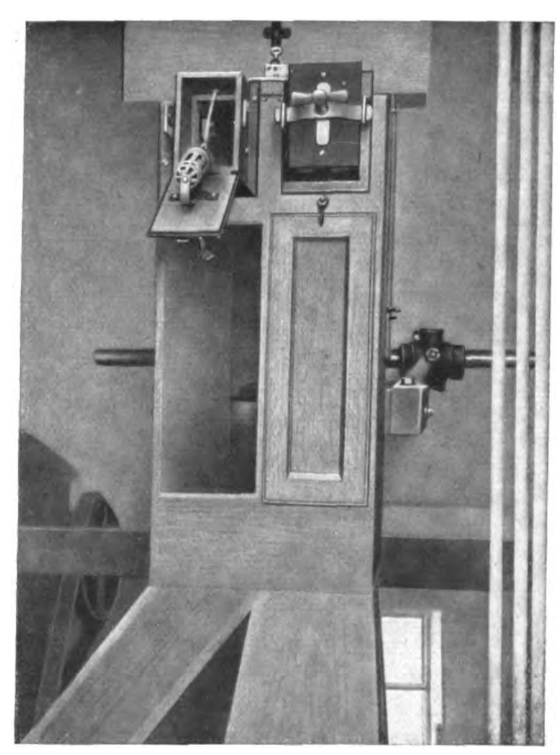
Weitere Gefahrstellen sind die Sichter. Funken, die vom Elevator in die Sichter geschleudert werden, können infolge der Bewegung und des Luftzuges hier zur offenen Flamme entfacht werden. Zweckmäßigerweise bringt man deshalb in den Aspirationsschnecken über den Planfiltern automatische Feuermelder an. Diese Beispiele dürften genügen, zu zeigen, wie sich durch sorgfältig überlegte Verteilung automatischer Feuermelder in der Mühle ein wirksamer Feuerschutz erreichen läßt.

Die Anlage in der Salzburger Mühle enthält in acht Schleifen 102 automatische Melder, hauptsächlich Maximalmelder, zum Teil aber auch Differentialmelder. Die Melderschleifen umfassen die Elevatoren der Weizenschroterei, der Weizenausmahl- und Auflösseite, der Roggenmühle, der Maismühle, dann die Aspirationsschnecken über den Plansichtern, die Saugschlauchfilter, Walzenstühle usw. Eine eigene Schleife sichert die Elevatoren der Getreidereinigungsanlage, die Filter des Aspirateurs und des Lagerhausaspirateurs, eine andere die Filter der Schäl- und Bürstenmaschine und der Universalmühle. Außer diesen acht Schleifen sind noch zwei Reserveschleifen vorgesehen, für die Lagerräume, die Tischlerei und die Gefahrmelder der Transformatoren. Im allgemeinen sind „Maximalmelder" — die ansprechen, wenn eine bestimmte Temperatur erreicht ist — verwendet, in den Mischmaschinen und Filtern der Maismühle sind außerdem auch „Differentialmelder", die auf plötzlichen Temperaturanstieg ansprechen, eingebaut, und zwar deshalb, weil hier Explosionen vorkommen und Stichflammen auftreten können. Das Bild zeigt zwei Feuermelder an einem Elevatorkopf. Sie sind in kleine, rotgestrichene Holzkästchen eingebaut und so in den Elevator eingesetzt. Auf dem Bild ist der eine Holzkasten geöffnet, der andere geschlossen. Die Anlage ist, wie üblich, so geschaltet, daß in der Zentrale Feuer und Drahtbruch durch verschiedene Signale gemeldet werden, blinder Feueralarm also ausgeschlossen ist Eine gestörte Schleife kann durch Umlegen eines Kippschalters kurzgeschlossen werden. Die anderen Schleifen bleiben im Betrieb. Bei Feueralarm wird nicht nur in der Zentrale ein Signal gegeben, sondern selbsttätig auch ein Werksalarm durch zehn in der Mühle verteilte Starkstromwecker und eine $^1/_5$ PS-Motorsirene auf dem Dach des Hauses. Zugleich werden, ebenfalls selbsttätig, die Antriebsmotoren der Mühle abgeschaltet.

Außer den automatischen Feuermeldern sind in der Mühle auch noch Druckknopf-Nebenmelder vorhanden, und zwar an der Stiege in jedem Stockwerk der Mühle und der Kopperei. Diese lösen beim Betätigen auf der in der Mühle eingerichteten Zentrale dieselben Signale aus, wie die selbsttätigen Feuermelder beim Ansprechen. Durch einen unterhalb der Empfangseinrichtung in der Zentrale montierten Druckknopf-Nebenmelder wird ein an der Außenseite des Hauses angebrachter Melder der städtischen Feuermeldeanlage ausgelöst; man kann also von der Mühle aus die städtische Feuerwehr auf schnellstem Wege von dem Ausbruch eines Feuers benachrichtigen.

In der Zentrale sind zwei Fernsprecher vorhanden, der eine für Gespräche über das öffentliche Amt, der andere für solche zur Wohnung des Obermüllers. Erwähnt sei noch, daß in der Mühle die Pausensignale durch ein etwa 20 Sekunden dauerndes Signal der Wecker und der Motorsirene gegeben werden. Eine im Bureau aufgestellte elektrische Hauptuhr schaltet die Signalgeber selbsttätig zu bestimmten Zeiten ein. Außerdem sind an die Hauptuhr noch zwei Nebenuhren angeschlossen, von denen eine in der Feuermelde-Zentrale, die andere an der Lade-Schalttafel für die Akkumulatorenbatterien angebracht ist. Zwei Batterien von 14 und 12 V Spannung versorgen die Feuermeldeanlage mit Strom, eine von 12 V die Uhrenanlage, und eine große mit 120 V dient zum Betrieb der Wecker und der Motorsirene und speist auch die Notbeleuchtung in der Mühle im Falle einer Störung im Netz. Die Kapazität der Batterien ist so groß, daß die Anlage erweitert werden kann, ohne daß es notwendig ist, neue Batterien anzuschaffen. Die Akkumulatoren werden aus dem Wechselstromnetz mit Hilfe von Quecksilberdampf-Gleichrichtern aufgeladen.

Als die Anlage in Betrieb genommen wurde, ergab sich schon bei der Überprüfung, daß die ganze Mühle 20 Sekunden nach abgegebener Feuermeldung vollständig still stand. Da dann der hauptsächlich in den Saugschlauchfiltern und Luftrohrsystemen herrschende Luftzug sofort unterbrochen



Automatische Feuermelder an einem Elevatorkopf.

ist, läßt sich ein im Entstehen begriffener Brand leicht bekämpfen. Im Verlauf von nicht ganz einem Jahre wurde dann durch die Anlage ein Filterbrand sofort gemeldet und viermal wurden die Elevatoren zum Stehen gebracht. Auch

in letzter Zeit hat sie mehrmals durch rechtzeitiges Ansprechen den Ausbruch eines Brandes verhütet, so daß sie der Mühlenbesitzer selbst als „eine Feuerschutzeinrichtung ersten Ranges für Großmühlen und ähnliche Betriebe" bezeichnet.

Pumpwerk Niederstotzingen.

Die für die Wasserversorgung eines größeren Teiles von Württemberg, insbesondere auch der Landeshauptstadt Stuttgart wichtigen Anlagen der Württ. Staatl. Landeswasserversorgung in Niederstotzingen und Langenau nahe bei Ulm a. D. sollen demnächst eine wesentliche Erweiterung erfahren. Im Zusammenhang mit diesen Arbeiten wurde den SSW die Lieferung von 2 Drehstrom-Hochspannungs-Pumpenmotoren mit je einer Leistung von 2180 PS bei 5000 V Betriebsspannung übertragen; desgleichen die Lieferung eines Transformators nebst Dreikessel-Ölschalter und sonstigem Zubehör für eine Leistung von 2000 kVA und für das Übersetzungsverhältnis von 55000/5000 V.

EINGESANDTE BÜCHER

(Ausführliche Besprechung einzelner Bücher vorbehalten.)

Die Berechnung von Gleich- und Wechselstromsystemen. Von Dr.-Ing. Fr. Natalis, Oberingenieur der Siemens-Schuckertwerke. Zweite, neubearbeitete Auflage. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1924. 215 Seiten, 111 Abb. Preis: geh. M 10,—, geb. M 11,—.

Aus dem Inhalt: Zeitvektoren. — Vektorverhältnis (Scheinwiderstand, Scheinleitwert). — Vektorprodukt (Wirkleistung, Blindleistung, Gesamtleistung). — Umwandlung von Vektorverhältnissen. — Vektorprodukte. — Vektor- und Vektorprodukt-Gleichungen. — Quadratische Vektorgleichungen. — Inversion. — Geometrische Orte. — Eisensättigung. — Leistungsgesetze. — Anwendungsbeispiele. — Speiseleitung. — Ringleitung. — Stromverzweigung mit einem und mehreren Knotenpunkten. — Kreisdiagramme. — Spannungs- und Stromresonanz. — Transformatoren. — Asynchronmotoren. — Drehstrommotor mit Doppelkäfig.

Das Buch bringt in systematischem Aufbau eine neue Berechnungsweise für Gleich- und besonders Wechselstromaufgaben mit rein reellen Hilfsmitteln, d. h. ohne Benutzung komplexer Größen, und stellt daher an das abstrakte Denkvermögen keine Ansprüche. Die Darstellung des Scheinwiderstandes durch ein Vektorverhältnis und der Gesamtleistung durch das Vektorprodukt bildet die Grundlage für die Berechnung. Die entwickelten Formeln führen direkt zur Aufstellung der Vektordiagramme. Berechnung und Konstruktion stehen in einer ständigen gegenseitigen Kontrolle.

Über die Eingliederung der Normungsarbeit in die Organisation einer Maschinenfabrik. Dipl.-Ing. Friedrich Meyenberg, Berlin. Verlag von Julius Springer, Berlin, 1924. 67 Seiten. Preis: geh. M 3,30.

Das kleine Heft bringt nichts, was der seine Aufgabe ernst nehmende Normeningenieur nicht selbst schon gedacht und erlebt hat. Trotzdem, oder besser gerade darum, gehört es auf seinen Arbeitstisch. Er hat mit Menschen aller Art zu tun, und es gibt darunter eine ganze Anzahl, auf die das gedruckte, besonders, wenn es von allem Überflüssigen frei gehalten ist wie in vorliegendem Falle, besser wirkt als das noch so eindringlich gesprochene Wort.

Er wird häufig als Kampfmittel Gebrauch davon machen können, wenn er die immer wiederkehrenden Einwürfe gegen die Zweckmäßigkeit und wirtschaftliche Notwendigkeit der Normung entkräften und die mit der Einführung der Normen verbundenen Kosten begründen muß.

Noch mehr ist aber zu wünschen, daß die Schrift in den kaufmännischen Abteilungen der Industrieunternehmungen studiert wird, weil der Einfluß der Normung auf den Einkauf, das Formularwesen und die Organisation des ganzen Unternehmens sachgemäß gewürdigt wird.

Chemische Technologie der Neuzeit. Begründet und in erster Auflage herausgegeben von Dr. Otto Dammer, Berlin. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen bearbeitet und herausgegeben von Professor Dr. Franz Peters, Berlin-Lichterfelde. Zweite, neubearbeitete Auflage. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart, 1924/25. 817 Seiten, 616 Abb. Preis: geh. M 39,—.

Aus dem Inhalt: Kälte. Wasser, Abwässer. Holz. Torf. Braunkohle. Steinkohle. Graphit. Künstliche Kohlen. Paraffin und Verwandtes. Erdöl. Erdgas. Steinkohlengas. Ölgas. Luftgas. Wassergas. Cedfordgas. Acetylen. Heizung und Wärmemessung. Beleuchtung und Lichtmessung. Gasglühlicht. Zündwaren und Feuerzeuge. Leuchtsteine. Elektrische Beleuchtung. Elektrolyse des Wassers. Wasserstoff. Ballongase. Sauerstoff. Ozon. Knallgas. Stickstoff. Schwefeldioxyd. Chlor. Kohlensäure. Verdichtung und Verflüssigung der Gase. Explosivstoffe.

Chemisches vom Kalk. Von Walter Döbling. Verlag des Vereins Deutscher Kalkwerke E. V., Berlin, 1924. 16 Seiten. Preis M 0,50.

Der Verfasser hat es verschmäht, mit schwulstigen Fachausdrücken und unverständlichen Vorgängen zu blenden, obwohl der Stoff vielleicht dazu verleiten mag. Er hat den besseren Weg gewählt; in schlichter, ungezierter Sprache führt er den Leser in eine ihm bis dahin unbekannte Welt von Vorgängen ein. Der unscheinbare Stoff „Kalk" verwandelt sich in seinen Händen in die mannigfaltigsten Formen, die zu allen möglichen Zwecken Verwendung finden. Aber immer vermag der Laie zu folgen und in die ihm undeutlichen Zusammenhänge einzudringen. Der fesselnde Stoff und die meisterhafte Darbietung werden dem Heft dauernd Freunde sichern.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.



SIEMENS-ZEITSCHRIFT

SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT

SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

5./6. HEFT • BERLIN / MAI/JUNI 1925 • JAHRGANG 5

Das Siemens-Glühfaden-Pyrometer

Von Dr. H. Miething, Mitteilung aus dem Wärmelaboratorium der Siemens & Halske A.-G. Wernerwerk M.

Um hohe und sehr hohe Temperaturen zu messen, benutzt man am besten die Abhängigkeit der Strahlung eines Körpers von der Temperatur. Die theoretische Grundlage dafür gibt für eine bestimmte Wellenlänge des Spektrums das Wien-Plancksche Strahlungsgesetz $E = c \frac{\lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda \cdot T}} - 1}$, worin E die Strahlungsintensität, λ die spektrale Wellenlänge, T die absolute Temperatur und c und c_2 Konstanten bedeuten. Der Apparat, der auf Grund dieser Beziehungen gebaut worden ist, ist das Holborn-Kurlbaumsche Glühfaden-Pyrometer. Dieses erfreut sich heutzutage einer weiten Verbreitung und kann wohl als das klassische Meßinstrument für hohe Temperaturen bezeichnet werden. Das Pyrometer hat bei hoher Meßgenauigkeit[1]) den Vorteil, daß man den Gegenstand selbst sieht, dessen Temperatur man messen will. Er braucht auch nur klein zu sein: Man kann den ausfließenden Metallstrahl in einer Gießerei, eine Spalte im Mauerwerk eines Ofens einstellen, während andere Apparate nur einen photometrischen Vergleich zweier nebeneinander liegender heller Flächen zulassen, deren Form durch den Meßkörper nicht bestimmt ist. Das Glühfaden-Pyrometer wird seit Jahren von der Siemens & Halske A.-G. hergestellt, hat im Laufe der Zeit manche Wandlung erfahren und eine immer vollkommenere Form erhalten. Durch eine Mikroskopoptik und Anbringung eines Teleobjektives für Messungen aus der Nähe und aus großer Entfernung ist die Vergrößerung erheblich gesteigert und dadurch das Anwendungsgebiet erweitert worden. Es erscheint deshalb angezeigt, dem Meßgerät in seiner jetzigen Gestalt eine kurze Betrachtung zu widmen.

[1]) Keinath, „Stahl und Eisen", Heft 1, 1923.

Grundlage der Messung.

Sobald die Temperatur eines Körpers über 550° C steigt, beginnt er sichtbar zu glühen. Die Helligkeit des Glühens wächst stärker an als die Temperatur selbst. Bezeichnet man die Helligkeit mit H, die absolute Temperatur mit T, so kann man das Verhältnis zwischen Helligkeit und Temperatur durch die Gleichung ausdrücken: $\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^x$, wobei sich die Indizes auf zusammengehörige Werte beziehen und zwischen 600° und 2000° C die Werte 30 bis 10 annimmt. Eine kleine Temperaturänderung verursacht also eine weit größere Helligkeitsänderung. Durch Helligkeitsmessungen gelangt man so zu einem außerordentlich empfindlichen Temperaturmeßverfahren.

Diese Tatsache ist bei dem Glühfaden-Pyrometer nach Holborn-Kurlbaum ausgenutzt worden; denn mit ihm vergleicht man bekanntlich die Helligkeit eines Körpers hoher Temperatur bei einer bestimmten Farbe, d. h. in einem engen Wellenlängenbereich, mit der Helligkeit einer geeichten kleinen Glühlampe, die im Innern eines Fernrohres sitzt und in Reihe mit einem Regelwiderstand an einen 2 V-Akkumulator oder eine Trockenbatterie angeschlossen wird. Bild 1 zeigt schematisch einen Schnitt durch ein Glühfaden-Pyrometer

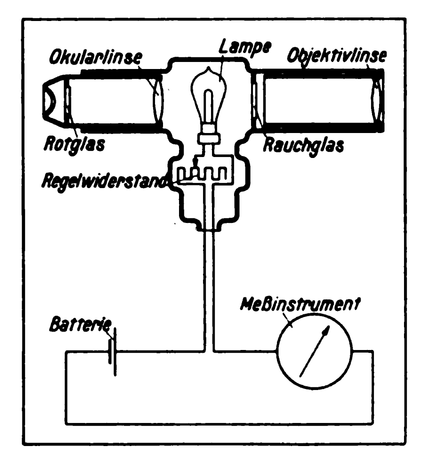


Bild 1. Prinzipschaltbild des Glühfaden-Pyrometers.

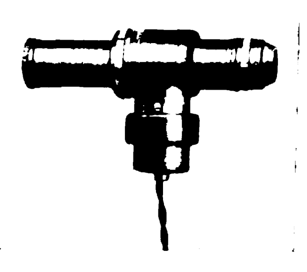


Bild 2. Pyrometerfernrohr.

sowie das Schema der Meßschaltung. Von dem glühenden Gegenstand, dessen Temperatur zu messen ist, erzeugt die Objektivlinse des Pyrometerfernrohres in der Fadenebene der Glühlampe ein Bild, das den Hintergrund für den Lampenfaden bildet. Die Helligkeit des Lampenfadens wird mit Hilfe des durch ihn fließenden Stromes so lange verändert, bis der Faden weder hell noch dunkel zu sehen ist, sondern vollständig im Hintergrund verschwindet. Die Stärke des die kleine Glühlampe durchfließenden Stromes wird gemessen; die Lampe verbraucht im Höchstfalle bei 1400° C 400 mA bei einem Spannungsabfall von knapp 2 V.

Pyrometer mit gewöhnlicher Fernrohroptik.

Bild 2 zeigt ein normales Fernrohr eines Glühfaden-Pyrometers; es erzeugt ein dreifach linear vergrößertes Bild des Gegenstandes, dessen Temperatur zu messen ist. Gegenüber älteren Konstruktionen hat dieses Fernrohr den Vorteil, daß alle Einzelteile, wie Rauch- und Rotgläser, mit dem Fernrohr fest verbunden sind. Die Rotgläser, die für den Beobachter die Farbe herstellen, in der der Helligkeitsvergleich vorgenommen werden soll, sind hinter der Okularlinse eingebaut, und durch Drehen des Ringes — des rechten vernickelten Ringes im Bild 2 — um einen Winkel von 45° kann man ein Rotglas, durch weiteres Drehen ein doppelt so dickes in den Strahlengang unmittelbar hinter dem Okular einfügen. Für Temperaturen über 1200° C ist das dickere Rotglas empfehlenswerter, damit das Auge nicht geblendet und dadurch die Messung unsicher wird. Bei den tieferen Temperaturen, zwischen 600 und 700°, mißt man am besten ohne Rotglas. Der Spektralbereich, für den die Lampe geeicht ist, wird bei diesen tiefen Temperaturen trotzdem eingehalten, denn der Körper strahlt für das Auge fast in derselben roten Farbe (Wellenlänge etwa 650 $\mu\mu$), die auch das Rotfilter hauptsächlich durchläßt.

Auch die beiden Rauchgläser, die dazu dienen, den Temperaturmeßbereich des Glühfaden-Pyrometers zu erhöhen, sind in das Fernrohr eingebaut. Sie sind, ähnlich wie die Rotgläser, durch Drehen eines Ringes außen am Fernrohr in den Strahlengang einzufügen. Der größere vernickelte und gerändelte Ring — im Bild 2 links — wird gedreht, bis er über der Marke, die die höchste Temperatur des geforderten Meßbereichs angibt, einschnappt. In der ersten Stellung, die im Bild 2 zu sehen ist, ist kein Rauchglas in den Strahlengang eingeschaltet. Man kann bei dieser Stellung des Rauchglasringes V C Temperaturen bis zu 1400° messen. Eingehende Untersuchungen, die im Zusammenarbeiten mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt vorgenommen wurden, haben gezeigt, daß man, um eine möglichst hohe Meßgenauigkeit beizubehalten, nicht mit höherer Lampentemperatur arbeiten soll. In der zweiten Stellung des Ringes wird ein Rauchglas zwischen Lampe und Objektivlinse geschaltet, das eine Temperaturmessung bis 2000° C ermöglicht, während die Lampe selbst nur eine Höchsttemperatur von 1400° C erreicht. Das zweite Rauchglas ist etwas dichter, und infolgedessen kann man Temperaturen bis 3000° C messen, ohne die Lampe höher als 1400° C zu beanspruchen. Nur bei noch höheren Temperaturen als 3000° C, die ja sehr selten erzeugt werden und praktisch von geringer Bedeutung sind, wird ein Rauchglas in das Gewinde vor die Objektivlinse geschraubt, mit dem man Temperaturen bis 4000° C oder sogar höher messen kann. Dieses Rauchglas ist getrennt mitzuführen. Die Meßbereiche durch verschieden durchlässige Rauchgläser zu unterteilen, bietet den großen Vorteil, daß eine genügend gute und in allen Meßbereichen möglichst gleichmäßige Meßgenauigkeit erreicht wird. Von einem Meßbereich zum andern überzugehen bereitet keinerlei Schwierigkeiten, es geschieht durch einen einzigen Handgriff. Bild 3 zeigt, wie ein Beobachter am Fernrohr ein anderes Rauchglas mit der rechten Hand einschaltet, und läßt die Temperaturmarken am Ring erkennen.

Die Stromstärke im Lampenfaden wird durch einen Regelwiderstand eingestellt, der am Fernrohr selbst, in dem Wulst unmittelbar unter der Lampe, angebracht ist (Bild 2). Die Stromstärke wird an einem Strommesser abgelesen, auf dem in einer je nach Ausführung des Instrumentes verschiedenen Weise neben der Stromstärke die

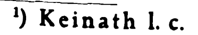
Werte für die Temperatur der Lampe angegeben sind. Aus einer weiteren Unterteilung ist zu ersehen, welche Temperatur mit einem vorgeschalteten Rauchglase bei dem entsprechenden Lampenstrom gemessen wird. Bild 4 zeigt beispielsweise die Skala eines solchen Instrumentes. Der Zusammenhang zwischen Stromstärke und Temperatur wird für jede Lampe einmal bei der Eichung festgelegt.

Die Meßgenauigkeit[1]) steht in engem Zusammenhange mit der subjektiven Einstellgenauigkeit und hängt zum großen Teil von der Übung des Beobachters ab. Ein guter Beobachter mißt naturgemäß genauer als ein ungeübter und stellt bei allen Temperaturen zwischen 800 und 1400° die Helligkeit des Lampenfadens mit der des Objekts so übereinstimmend ein, daß die Messung auf ± 3° C genau wird. Bei Anwendung eines Rauchglases ändern sich die Einstellfehler je nach der Absorption des Rauchglases; für den Meßbereich bis 2000° C verdoppeln, bei dem höheren Meßbereich verdreifachen sie sich. Die Beobachtungsgenauigkeit hängt aber auch von der Größe des anvisierten Objektes und anderen Umständen ab.

Mikropyrometer.

Die Temperaturmessung mit dem Fernrohr begegnet Schwierigkeiten, wenn das Bild des zu messenden Körpers nur klein, d. h. von ungefähr gleicher Größe wie der Faden der Pyrometerlampe selbst erscheint.

Will man die Temperaturen kleiner Gegenstände, wie z. B. von Glühlampenfäden, mit der gleichen Genauigkeit messen, so muß man eine stärkere Vergrößerung anwenden. Eine zwanzigfache lineare Vergrößerung besitzt das Mikropyrometer, ein Glühfaden-Pyrometer mit Mikroskopoptik. Dieses Mikropyrometer ist in Bild 5 gezeigt. Sein Objektivrohr ist ungefähr dreimal so lang wie das des normalen Pyrometers, und sein nur wenig verlängertes Okularrohr ist mit einer engen Blende versehen. Rot- und Rauchgläser sowie der Widerstand, kurz, der ganze mittlere Teil des Pyrometers ist derselbe geblieben wie bei dem normalen Fernrohrpyrometer. Es ist ferner an dem Objektivrohr des Mikropyrometers, wie auch in Bild 5 zu erkennen ist, ein Schlitz angebracht, durch den ein rotierender



[1]) Keinath l. c.



Bild 3. Einstellen der Rauchgläser.

Sektor laufen kann, wenn man bei besonders genauen Laboratoriumsmessungen die eingebauten Rauchgläser nicht anwenden möchte. Bild 6 zeigt den Aufbau eines Mikropyrometers mit rotierendem Sektor. Es soll die Temperatur des Kohlefadens einer Glühlampe gemessen werden. In Bild 7 ist die Pyrometerlampe, die man zweckmäßigerweise im Mikropyrometer verwendet, dargestellt. Eine solche Lampe ist in bezug auf die elektrischen Daten der normalen gleich, hat aber planparallele Glaswände, und diese bewirken, daß das Bild des glühenden Körpers, dessen Temperatur festgestellt werden soll, trotz der starken Vergrößerung keine Verzerrung auf dem Wege durch das Pyrometer erleidet. Bei der normalen birnenförmigen Glühlampe würde das

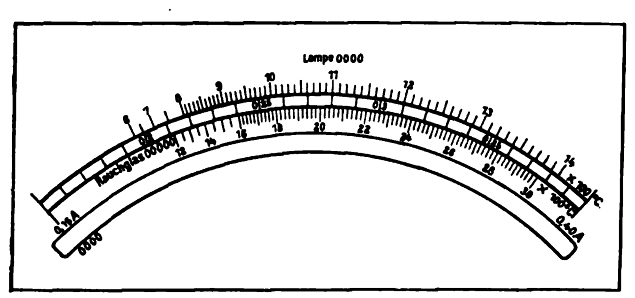


Bild 4. Skala des Anzeigeinstruments.

Bild nur bei ganz gleichmäßiger Glasglocke in einem kleinen mittleren Teile des Gesichtsfeldes unverzerrt erscheinen; ein breiter Rand bliebe



Bild 5. Mikropyrometer.

immer unscharf, was sehr störend wirken würde. Die Messung mit dem Mikropyrometer wird in gleicher Weise wie mit dem normalen Pyrometer ausgeführt. Der Abstand zwischen Meßkörper und Objektivlinse muß beim Mikropyrometer ungefähr 10 cm betragen, im Gesichtsfeld wird ein Gegenstand von 1 mm Breite und 3 mm Höhe abgebildet. Das Mikropyrometer ist hauptsächlich ein Laboratoriumsinstrument.

Teleobjektiv.

Will man im praktischen Betrieb an einem Ofen, z. B. durch einen schmalen Spalt im Mauerwerk, die Temperatur messen und ist die Vergrößerung des normalen Fernrohres zu gering, so kommt eine dritte Form des Glühfaden-Pyrometers, das mit Teleobjektiv, in Betracht. Dieses Teleobjektiv ist ein Zusatzapparat, der aus einer Positiv- und einer Negativlinse in einem etwa 7 cm langem Rohr besteht. Es wird in das normale Fernrohr mit normaler Glühlampe an der gleichen Stelle, an der sonst das Rauchglas für ganz hohe Temperaturen (über 3000° C)

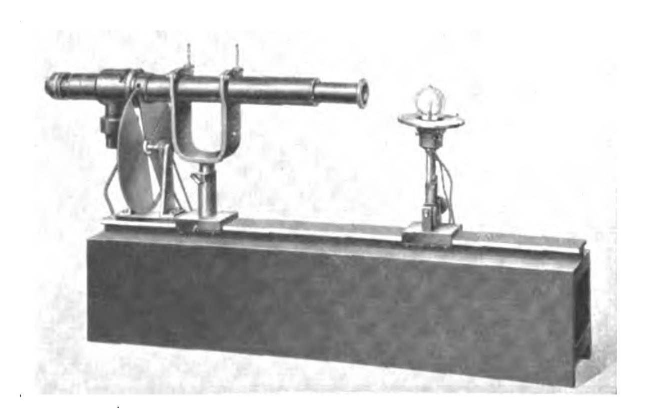


Bild 6. Meßanordnung mit Mikropyrometer.

eingeschraubt wird, befestigt. Das Teleobjektiv ist in Bild 8 vor einem Glühfaden-Pyrometer gezeigt. Es ist möglich, mit dem Teleobjektiv Gegenstände scharf einzustellen, die 3,6 m und weiter entfernt sind. Bei größerer Nähe kann man es nicht scharf einstellen. Ein Pyrometer mit Teleobjektiv hat ungefähr achtfache lineare Vergrößerung und einen Bildwinkel von 0,5°. Durch die vierfache Reflexion des Lichtes an den Linsenflächen wird die von dem zu messenden Körper ausgehende Strahlung um etwa 30 v. H. geschwächt.

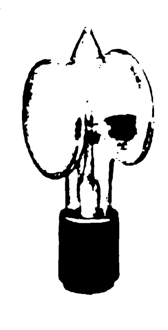


Bild 7. Lampe für das Mikropyrometer.

Bei der Temperaturmessung mit Teleobjektiv ist daher eine Korrektur anzubringen, die bei 800° C 20° C, bei 2000° C ungefähr 70° C beträgt. Kleine Ungenauigkeiten, die durch eine erforderliche Eichung und Korrektur des Teleobjektivs in die Messung gebracht werden, kann man gern in Kauf nehmen, weil durch die stärkere Vergrößerung durch das Teleobjektiv die Einstellgenauigkeit bedeutend wächst. Außerdem ist in der Praxis der Vorteil nicht zu unterschätzen, daß man z. B. einen Ofen, der sehr heiß ist, aus größerer Ferne scharf und deutlich beobachten kann. Man darf sich bei der Messung so weit von dem Ofen entfernen, daß man Arbeiten, die in der Nähe ausgeführt werden müssen, nicht stört, und dadurch mißt man selbst wiederum auch ungestörter.

Das Glühfaden-Pyrometer nach Holborn-Kurlbaum ist ein Temperaturmeßgerät, das als tragbares Kontrollinstrument zu schnell an verschiedenen Stellen auszuführenden Messungen vorzüglich geeignet ist. Es mag als Nachteil bezeichnet werden, daß es nicht objektiv anzeigt, sondern bei jeder Messung von einem Beobachter eingestellt werden muß. Jedoch die subjektiven Fehler sind, wie bereits erwähnt, gering, und dafür hat man den großen Vorteil, daß die Stelle, deren Temperatur man gemessen hat, jedesmal genau bekannt ist und bei jeder Messung nach Maßgabe des augenblicklichen Interesses neu gewählt werden





Bild 8. Pyrometer mit Teleobjektiv.

kann, ein Vorteil, den das Glühfaden-Pyrometer vor allen Betriebsinstrumenten mit festem Einbau und vor fast allen Strahlungs-Pyrometern voraus hat. Durch Hinzufügen der Mikro- und Teleoptik ist der Anwendungsbereich des Instrumentes noch erheblich erweitert worden.

Instandsetzungswerkstätten für Elektromaschinen

Von W. le Vrang, Oberingenieur in der Zentralwerksverwaltung der SSW.

Alljährlich nehmen Hunderttausende von Stromerzeugern, Elektromotoren, Transformatoren, Anlassern, Schaltern aller Art und sonstigen Apparaten ihren Weg aus den Fertigungsstätten zu den Verbrauchern in Industrie, Landwirtschaft, Handwerk und Haushalt. Alle diese Maschinen und Apparate sind gegen solche Schäden, wie sie durch falsche Behandlung, durch Störungen im Netz usw. auftreten können, recht gut und mit einfachen Mitteln gesichert. Diese Eigenschaften, aber auch neben dem billigen Preis die einfache und gefahrlose Bedienung durch einen oder wenige Handgriffe, der große Vorteil, daß sie fast ohne Wartung und Aufsicht zuverlässig laufen, und die augenblickliche Betriebsbereitschaft sind es, die den Elektromotor zur allgemein bevorzugten Antriebsmaschine machten. Selbstverständlich unterliegt auch diese scheinbar unverwüstliche Maschine den Gesetzen der Abnutzung. Sie muß deshalb von Zeit zu Zeit, mindestens aber alljährlich einmal, auseinandergenommen, gründlich gereinigt und dahin untersucht werden, ob irgendwelche Schäden erkennbar sind, die gewöhnlich unter Aufwand geringer Mittel schnell beseitigt werden können. Damit ist nicht nur für eine gewisse Zeit ein gutes und zuverlässiges Arbeiten der Maschine gewährleistet, sondern dem Besitzer wird in vielen Fällen sogar ein Gewinn erwachsen, weil die Leerlaufsverluste herabgesetzt und als unmittelbare Folge Ersparnisse an Stromkosten erzielt werden, welche die geringen Instandsetzungskosten schnell ausgleichen und dann überragen.

Der Besitzer des Motors steht nun vor der Frage: „Wem soll ich diese Arbeit übertragen, um sicher zu sein, daß sie einwandfrei und zu angemessenem Preise ausgeführt wird?" Die gleiche Frage tritt an ihn heran, wenn der wesentlich unangenehmere Fall einer plötzlichen Betriebsstörung an dem Motor, Transformator oder Apparat mit seinen oft bösen Folgen eintritt. Die Beantwortung der Frage ergibt sich nach Kenntnis der folgenden Zeilen.

Die Ursache für einen schwereren Schaden kann vielgestaltig sein. Schäden durch Feuer, eindringendes Wasser, durch schädliche Dämpfe, Schäden mechanischer Art durch Stoß oder Schlag, übermäßige Beanspruchung, fehlende Schmierung, unsachliche Behandlung, weitgehende Abnutzung der Lager mit der daraus folgenden Reibung zwischen Läufer und Ständer und der als weitere Folgeerscheinung auftretenden Beschädigung der Wicklungen, wie auch die durch langen Gebrauch hervorgerufene Abnutzung anderer Einzelteile der Maschine sind häufiger zu verzeichnen. Seltener treten, wenigstens bei guten Erzeugnissen, Fehler im elektrischen Teil auf, deren Ursache in Fertigungsmängeln zu suchen ist.

Mit der steigenden Zahl der zur Verwendung kommenden Motoren usw. mußte daher auch die Anzahl der Reparaturfälle zunehmen. Die großen Herstellerfirmen legten noch bis zum Kriege wenig Wert auf die Ausführung von Instandsetzungen, wenn diese nicht unter die Garantieverpflichtungen fielen. Der Grund hierfür war in den Schwierigkeiten zu suchen, die mit dem Durchlauf einer Reparaturmaschine durch die normale Fertigung verknüpft sind. Man richtete deshalb bald in den einzelnen Werken besondere Instandsetzungswerkstätten ein, doch stellte sich heraus, daß auch diese Lösung keineswegs ideal war. Die Verpackungs- und bei größeren Entfernungen die Frachtkosten wirkten verteuernd. Es kam hinzu, daß der Beschäftigungsgrad dieser Werkstätten stark wechselte und Lieferverzögerungen nicht zu vermeiden waren. Der Wunsch des Kunden, recht schnell wieder im Besitz seiner billig und gut instandgesetzten Maschine zu sein, konnte daher leider oft nur im letzten Punkte erfüllt werden.

Während des Krieges mit seiner Umkehrung und Verwandlung aller Begriffe wurden die Schwierigkeiten vielfach unerträglich. Es fehlte



Bild 1. Werkstatt Essen.



Bild 2. Werkstatt Essen (große Halle).



Bild 3. Werkstatt Köln (Toreinfahrt).

an Arbeitskräften, an Material, an Beförderungsmöglichkeit, und die Instandsetzungsziffern erhöhten sich aus den verschiedensten Gründen. Trotz aller Anstrengungen war es den Firmen nicht möglich, den berechtigten Wünschen der Kundschaft zu entsprechen. Nicht viel besser war es in den Wirren der ersten Nachkriegszeit.

Es konnte daher nicht überraschen, wenn in dieser Zeit Instandsetzungswerkstätten für Elektromaschinen wie Pilze aus der Erde schossen. Da die Mittel für die Einrichtung gewöhnlich nur sehr gering waren, fiel sie dementsprechend aus. Es mangelte in der Regel nicht nur an den notwendigen Hilfsmaschinen, sondern sehr häufig an den unbedingt erforderlichen Prüfeinrichtungen. Die Instandsetzungen wurden unter Verwendung ungeeigneter Materialien mehr oder weniger behelfsmäßig ausgeführt. Traten dann an der ausgebesserten Maschine nach kurzer Zeit neue Störungen auf, so war der Besitzer nur zu leicht zu der Annahme geneigt, daß er beim Kauf eine minderwertige Maschine erhielt. In Wirklichkeit war der Fehler nicht in der Ausführung der Maschine, sondern nur in der mangelhaften Instandsetzung zu suchen.

Diese Unzuträglichkeiten veranlaßten die SSW einer ganzen Anzahl ihrer technischen Büros in den verschiedenen größeren Städten eigene Instandsetzungswerkstätten anzugliedern, die von den eigentlichen Fertigungswerken vollkommen gelöst sind. Aufgabe dieser Instandsetzungswerkstätten ist es, die im Bezirk des technischen Büros anfallenden Reparaturen an Elektromaterial aller Art so schnell wie irgend möglich auszuführen und dem Kunden bei eintretenden Betriebsstörungen irgendeines Teiles seiner elektrischen Anlagen jede Hilfe angedeihen zu lassen.

Die Größe und Ausstattung der Werkstätten mußte der Eigenart des betreffenden Bezirkes angepaßt werden. Im rheinisch-westfälischen Industriebezirk z. B. konnten nur ganz großzügig angelegte Werkstätten den Anforderungen genügen, weil hier die größten Maschinen zum Antrieb von Walzwerken, die Wasserhaltungsmaschinen der zahllosen Bergwerke ebenso wie große Transformatoren, Turbosätze usw. Aufstellung finden. Der Betrieb im genannten Gebiet ist durchweg rauh und die Zahl der Instandsetzungen infolgedessen unverhältnismäßig hoch. Größe und Gewicht der Reparaturteile machten

daher Bahnanschluß, Lasthebeeinrichtungen hoher Leistung, große Räume und entsprechend große Betriebseinrichtungen, Werkzeugmaschinen und Prüfanlagen erforderlich. Die Werkstätten in Essen und Köln (Bild 1—4) machen auch wegen ihrer starken Belegschaft von etwa 200 Leuten daher durchaus den Eindruck größerer Fabriken und lassen den eigentlichen Zweck nicht so erkennen, wie z. B. die Werkstatt Rostock (Bild 6), die, in einem überwiegend Landwirtschaft betreibenden Bezirk gelegen, hauptsächlich kleinere Motoren zur Instandsetzung erhält.

Auf die Ausstattung der Werkstätten ist in jedem Falle die größte Sorgfalt verwendet, denn der Grundsatz, daß nur mit guten Arbeitsmaschinen gute Leistungen und einwandfreie Arbeit zu erzielen sind, gilt hier in erster Linie. Besonderer Wert ist auf musterhafte Prüfeinrichtungen gelegt. Die größeren Werkstätten verfügen über Prüffelder, welche die Vornahme jeder irgendwie erforderlichen elektrischen Untersuchung ermöglichen (Bild 7—9). Auch ganz neuzeitliche Auswuchtmaschinen sind in einzelnen Werkstätten vorhanden. Sie haben den Zweck, die unvermeidlichen Schwerpunktverlagerungen bei Neuwicklung eines Läufers schnell und eindeutig zu bestimmen, damit diese ausgeglichen werden können (Bild 8). Aber auch in den kleineren Werkstätten sind vorbildliche Ankerprüfeinrichtungen und die zusätzlichen Apparate für Spannungs- und Leistungsuntersuchungen und alle erforderlichen Meßgeräte vorhanden (Bild 6).

Die Leiter der Werkstätten sind besonders erfahrene umsichtige Fachleute von bester praktischer und theoretischer Schulung. Sie verfügen über einen Stamm gut ausgebildeter Facharbeiter und Monteure und über die nötigen Hilfskräfte.

Bei Eingang einer Störungsmeldung unterrichtet sich der Betriebsleiter telephonisch kurz über die Art und den Umfang des Schadens und trifft danach die ersten Anordnungen, schickt ein Auto an Ort und Stelle, dem Personal mit den einfachen Prüfgeräten und wenn nötig ein Reservemotor oder schnell einzubauende Ersatzteile beigegeben sind. Muß die Maschine oder der Apparat in die Werkstatt genommen werden, so wird der Ausbau sofort vorgenommen, wenn möglich die Reservemaschine eingebaut oder eine solche, soweit vorhanden, beordert. Unmittelbar nach Ankunft in der Werkstatt beginnt die eingehende Untersuchung auf mechanische oder elektrische Fehler, das Auseinandernehmen und die gründliche Reinigung.



Bild 4. Werkstatt Köln (große Halle).

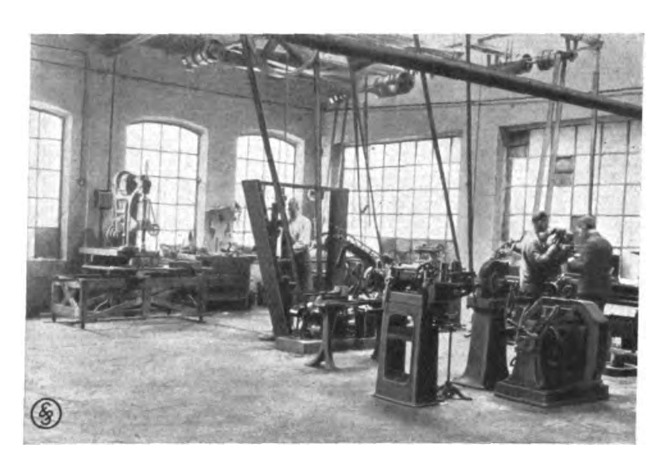


Bild 5. Werkstatt Königsberg i. Pr.

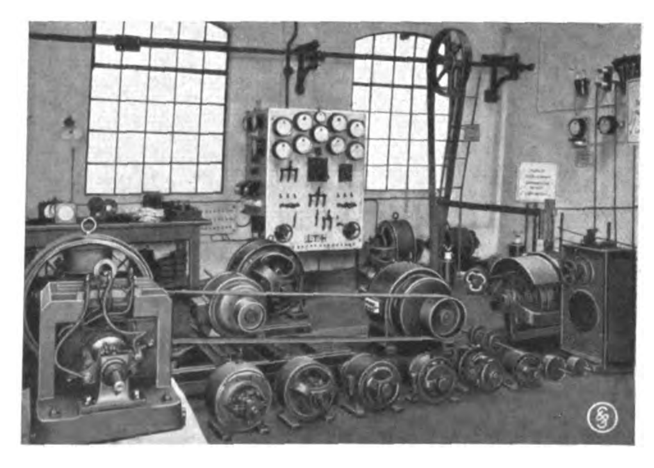


Bild 6. Werkstatt Rostock (Prüffeld).

Im Anschluß daran wird die eigentliche Instandsetzungsarbeit von den verschiedenen Abteilungen



Bild 7. Werkstatt Köln (Prüffeld).

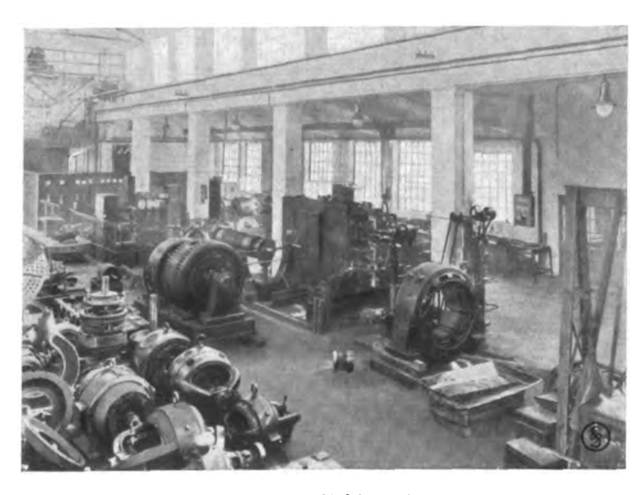


Bild 8. Werkstatt Essen (Prüffeld und Auswuchtmaschine).

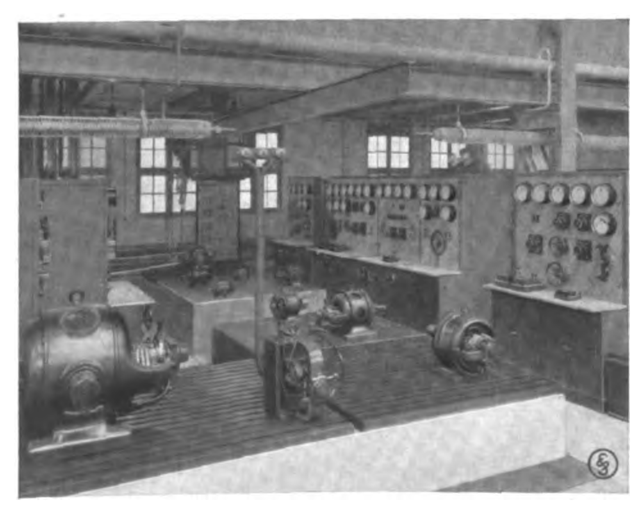


Bild 9. Werkstatt Nürnberg (Prüffeld).

in Angriff genommen. Es muß nun so disponiert werden, daß die oft verschiedenartigen Arbeiten möglichst gleichzeitig beendet werden, damit keine Verzögerung in der Montage eintritt. Die Lager an Reserveteilen sind so ausgestattet, daß die normalen Teile von dort entnommen und eingebaut werden können. Ebenso wird Wicklungskupfer in allen normalen Abmessungen in größerer Menge am Lager gehalten. Für den Verkehr mit den Fertigungswerken, die in gewissen Fällen mit herangezogen werden müssen, z. B. wenn eine Maschine mit Wicklungskupfer von besonderem Querschnitt ausgestattet ist, besteht ein telegraphischer Bestellverkehr. Zulieferung erfolgt als Eilgut oder mit Eilpost.

Sehr oft kann die instand gesetzte Maschine schon nach wenigen Stunden dem wartenden Besitzer wieder angeliefert werden. Um das zu ermöglichen, wird erforderlichenfalls Tag und Nacht gearbeitet. Ganz besonders hohe Anforderungen auf schnelle Arbeit werden an die Werkstätten an der Küste, in Hamburg, Rostock, Danzig und Königsberg gestellt, wenn es sich darum handelt, Instandsetzungen an Schiffsmotoren und -apparaten auszuführen und dadurch eine Verlängerung des gewöhnlich nur kurzen Hafenaufenthalts nicht eintreten darf. So hatte z. B. die Werkstatt Hamburg kürzlich die Aufgabe der Neuwicklung mehrerer Motoren von 5 bis 10 kW eines Dampfers. Einschließlich der mehrfachen Tränkung und Trocknung der Maschinen mußten die Arbeiten in vier Tagen durchgeführt und die Motoren wieder eingebaut sein.

In einem anderen Falle waren für einen amerikanischen Dampfer 105 Tischlüfter (Ventilatoren) in der Zeit von 10 Tagen vollständig aufzuarbeiten. Es waren 40 Motoren neu zu wickeln und alle Flügelräder und Schutzkörbe, die durchweg stark verbogen waren, neu herzurichten.

Ähnliche Fälle, in denen Tag und Nacht, auch an den Sonn- und Feiertagen ununterbrochen gearbeitet werden muß, berichten alle Werkstätten. Vielfach handelt es sich da um Maschinen und Apparate für die Stromversorgung größerer Gebiete und um Antriebe außerordentlich wichtiger Industrieanlagen, deren Stillstand Vermögensverluste bedeutet und häufig genug zu Betriebsstillsetzungen oder -einschränkungen zwingt.

Da die Werkstätten aus leicht erklärlichen Gründen einen stark schwankenden Beschäf-

tigungsgrad haben, mußte für Füllarbeit gesorgt werden. Diese besteht hauptsächlich in der Anfertigung von Schalttafeln und ganzen Schaltanlagen nach Zeichnungen. Die Werkstatt Hamburg fertigt außerdem Schiffsarmaturen und hat auf diesem Sondergebiet gute Erfolge erzielt.

Mehreren Werkstätten sind auch Automobil-Instandsetzungswerkstätten angegliedert, die, ursprünglich nur für Protoswagen bestimmt, ihrer guten und reichhaltigen Ausstattung wegen auch von den Besitzern anderer Wagen gern benutzt werden (Bild 10).

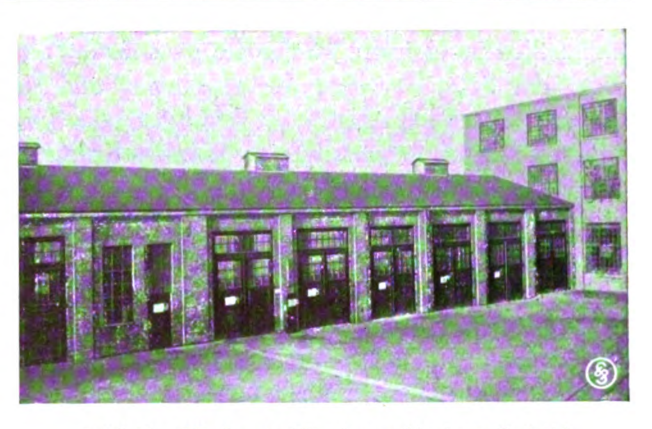


Bild 10. Werkstatt Hamburg (Autowerkstatt.)

Große Instandsetzungswerkstätten bestehen in Essen, Hamburg, Köln, Leipzig und Nürnberg, mittlere und kleinere sind den technischen Bureaus in Breslau, Danzig, Frankfurt a. M., Hannover, Königsberg, Magdeburg, Mannheim, Münster, Rostock und Stettin angegliedert. Die Einrichtung weiterer Werkstätten ist in Aussicht genommen.

Selbsttätige Signalsicherungsanlage der Nord-Süd-Bahn A.-G., Berlin 1923

Von Dr.-Ing. Arndt, Blockwerk der Siemens & Halske A.-G.

Die von Siemens & Halske im letzten Viertel des Jahres 1922 und im Laufe des folgenden Jahres ausgeführte selbsttätige Signalanlage der Nord-Süd-Bahn A.-G. stellt einen beachtenswerten Schritt in der Entwicklung neuzeitlicher Schnellbahn-Sicherungsanlagen dar. Bei den selbsttätigen Anlagen entfallen bekanntlich die Wärter in allen Blockstellen auf der freien Strecke und in den Bahnhöfen ohne Weichen. Der Zug stellt und blockt die Signale selbst. In den Stellwerkbezirken der mit Weichen versehenen Bahnhöfe dagegen können Wärter wegen der Bedienung der Weichen und Signale nicht entbehrt werden. Hier ist aber mit Rücksicht auf den dichten Zugumlauf einer weitgehenden Entlastung der Wärter bei der Bedienung der Sicherheitseinrichtungen Rechnung getragen. Die Blockierung erfolgt in diesen Bahnhöfen ebenfalls selbsttätig durch den Zug, aber der Wärter braucht nicht mehr zu blocken, kann sich vielmehr vollständig dem rechtzeitigen Stellen der Weichen und Signale für die Zwecke der Sicherung von Kehr-, Ein- und Ausfahrten der Züge widmen. Eine schnelle und sichere Orientierung über den jeweiligen Zustand aller Weichen und Gleise des Bahnhofes, sowie der in ihn mündenden Strecken ist dem Wärter hierbei durch die sogenannte Fahrschau- oder Gleistafel über dem Schalterwerk gegeben. Auf ihr und in Schaulöchern des Schalterwerkes ist jederzeit in einfacher, anschaulichster Form das Spiel der Züge, sowie der Weichen und Signale erkennbar. Der Wärter sieht auf der Gleistafel, wo sich Züge im Bahnhof aufhalten, bewegen und wie sich die Züge seinem Bahnhof nähern oder von ihm entfernen.

Durch das Zusammenfügen von selbsttätigen Strecken- und Bahnhofsblockeinrichtungen mit dem einen gleichen hohen Sicherheitsgrad bietenden elektrischen Stellwerk ist eine starke Vereinigung von Sicherungsmitteln geschaffen, die in ihrer Wirkungsweise, in ihrem Zusammenhang nachstehend einer kurzen Betrachtung unterzogen sind.

Für die selbsttätige Blockierungsart in den Bahnhöfen ohne Weichen und auf der freien Strecke, sowie in den Stellwerkbezirken entschied sich der Auftraggeber, der Magistrat der Stadt Berlin, auf Anraten des Herrn Geh. Baurat Dr.-Ing. Kemmann [1]). Diese Sicherungsform bietet bekanntlich gegenüber der handbedienten den Vorteil größerer Freiheit in der Durchführung dauernder und sehr dichter Zugfolge, und es können an manchen Stellen beachtenswerte Personalersparnisse gemacht werden. Die selbst-

[1]) „Die selbsttätige Signalanlage der Berliner Hoch- und Untergrundbahn" von Dr.-Ing. Kemmann. Verlag Springer.

tätige Sicherungsform ist für die Betriebsverhältnisse der Schnellbahnen die gegebene, und sie hat sich auf der ganzen Welt durchgesetzt. Die mehr als 10jährigen günstigen Betriebserfahrungen, die die Berliner Hochbahn [1]) mit selbsttätigen Signalen gemacht hat, waren für die Festlegung der technischen Ausschreibungsbedingungen der Nord-Süd-Bahn A.-G. maßgebend. Auf diese Bedingungen gründete sich die Durcharbeitung der Sicherungsentwürfe, die das Blockwerk der S. & H. A.-G. dem Magistrat unterbreitete, und in denen besonderer Wert darauf gelegt wurde, die Anlage in enger Anlehnung an die bereits gemachten Betriebserfahrungen durchzubilden, wobei neuere durch Studium und betriebsmäßige Erprobung gewonnene Erfahrungen des Blockwerkes berücksichtigt wurden. Dem Blockwerk wurde der Auftrag zur Ausführung für die Strecke Seestraße—Südring, und zwar zunächst für den Bauabschnitt Seestraße—Hallesches Tor, später für die anschließenden Strecken gegeben. Mit dem Einbau der Block- und Signaleinrichtungen konnte nach Fertigstellung der Baulichkeiten im letzten Viertel des Jahres 1922 begonnen werden. Die Arbeiten mußten nach den Wünschen des Direktors der Nord-Süd-Bahn A.-G., Herrn Magistratsoberbaurat Zangemeister, durch Tag- und Nachtschichten dringend beschleunigt werden, um für die Anfang Februar 1923 geforderte Betriebseröffnung der Bahn bereit zu sein. Am 31. Januar 1923 konnten die selbsttätigen Signale der ersten Teilstrecke Stettiner Bahnhof—Hallesches Tor der Stadt betriebsfertig übergeben werden. Ihnen folgten am 8. März 1923 die Signale der Strecke Stettiner Bahnhof—Seestraße. Im Anschluß hieran wurde die Signalanlage der Strecke Hallesches Tor—Gneisenaustraße Ostern 1924 und Gneisenaustraße—Hasenheide am 15. Dezember 1924 in Betrieb genommen. Weitere Strecken befinden sich im Bau.

Die Sicherungsanlage des an den Bahnhof Seestraße sich anschließenden Betriebsbahnhofes ist in besonderer Weise durchgebildet und mit der Blockanlage im Sommer 1923 verbunden worden.

Die selbsttätige Signalanlage ist, wie heute in den Schnellbahnanlagen auf der ganzen Welt üblich, mit Gleisisolierungen oder Gleisstromkreisen in Verbindung gebracht, die durch Wechselstrom niedriger Spannung und beliebiger Frequenz betrieben werden. Dafür sind von Siemens & Halske kräftige Strecken- oder Blockrelais, die sich gegen Trieb- oder Fremdstromwirkung völlig indifferent verhalten, entwickelt worden. Bei ausreichender Sicherheit der Anlage wurde ein sparsamer Energieverbrauch der Block- und Stelleinrichtungen verwirklicht. Die Einrichtungen der selbsttätigen Strecken- und Bahnhofsblockung sind dabei nach den gleichen Grundsätzen für eine bequeme Prüfung, gute Zugänglichkeit und leichte Unterhaltung durchgebildet worden, wie es bei den Stellvorrichtungen und elektrischen Schalterwerken der Bauart Siemens seit Jahren der Fall ist. Bei der Durchbildung der Einrichtungen wurde hinsichtlich ihrer äußeren Form besonderer Wert darauf gelegt, durch Führung einfacher, aber harmonischer Linien eine gefällige Wirkung zu erreichen.

Zur Zeit besteht die gesamte Sicherungsanlage der Nord-Süd-Bahn A.-G. gemäß dem Streckenplan, Bild 1, aus 11 Haltestellen ohne Weichen, den sogenannten Durchgangshaltestellen, die vollständig selbsttätig gesichert sind, ferner aus den mit einigen Weichen versehenen Bahnhöfen Wedding, Stettiner Bahnhof, den Endbahnhöfen Seestraße, Hasenheide, sowie dem mit einer größeren Zahl von Weichen ausgerüsteten Betriebsbahnhof an der Seestraße. In diesen Bahnhöfen ist die Sicherungsform der Signale halb selbsttätig.

Nach den Erfordernissen des Betriebes wurden gewisse Stellwerkbezirke, z. B. Wedding und Stettiner Bahnhof, in besonderer Weise durchgebildet. Sie sind nur in wenigen Morgen- und Abendstunden mit einem Wärter für die Zwecke von Kehr- und Abstellfahrten von Zügen besetzt. In der Zwischenzeit ist indessen das Schalterwerk durch einfaches Umlegen eines besonderen Hebels auf selbsttätigen Betrieb geschaltet, und der Wärter wird damit für anderweitige Verwendung frei. Für die Dauer dieses Zustandes tritt in den durchgehenden Hauptgleisen an Stelle der im Zusammenwirken mit dem Wärter sonst halb selbsttätigen Sicherungsart die vollständig selbsttätige, bei der das Blocken und Stellen der Signale nur durch den Zug selbst bewirkt wird.

Die Bedingungen, die bei der Freigabe eines Signals erfüllt sind, seien in aller Kürze wieder-

[1]) Vgl. Oberingenieur Bothe, Sonderdruck Verkehrstechn. Woche X. Jahrg. Nr. 36/39 v. 30. Sept. 1916.

holt. Es wird gefordert und erreicht, daß die Blockstrecke, auf die das in Frage kommende Signal weist, von Zugachsen frei ist, und daß der voraufgefahrene Zug durch die Haltstellung des nächstfolgenden Signals einwandfrei gedeckt ist (Raumblockung). Von den genannten Bedingungen sind die für eine Signalgebung in den Stellwerkbezirken gültigen verschieden. Nicht nur alle Gleisabschnitte, sondern auch alle in der Fahrstraße des Bahnhofsignals liegenden Weichen müssen von Zugachsen vollständig geräumt sein; ferner muß jede mit der Zugfahrt im Zusammenhange stehende Weiche für die Dauer dieser Zugfahrt die richtige Lage haben und in dieser Lage mechanisch verschlossen sein. nehmen und in dieser Lage unter Verschluß gehalten werden.

Über die genannten Bedingungen hinaus ist bei Verwendung der selbsttätigen Gleisstromkreise ein besonders für die im Tunnel schlecht übersichtlichen Bahnhöfe sehr beachtenswerter betrieblicher Vorteil erreicht, nämlich die Gewähr, daß auch bei jeder Signalgebung die Fahrstraße profilfrei ist. Dieses ist leicht durch geeignetes Hinausschieben der Isolierstöße bis zum Merkzeichen der Weiche erzielt worden.

Die genannten Sicherheitsbedingungen sind beim selbsttätigen Block und besonders in den elektrischen Schalterwerken in einer Weise erfüllt, daß hier selbst ein Unkundiger an Stelle des

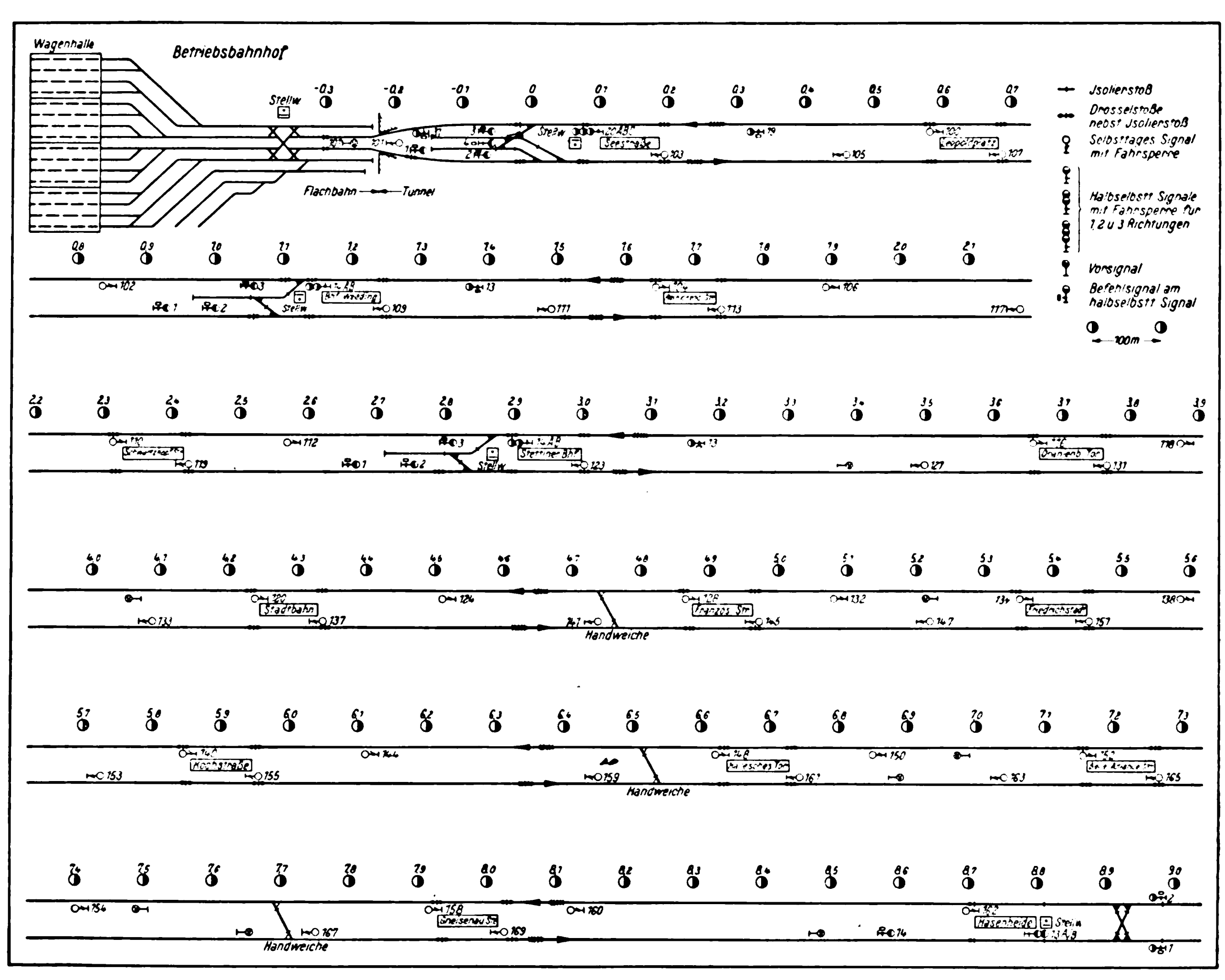


Bild 1. Strecken- und Signalplan.

Endlich müssen alle Gegen- oder Flankenfahrten erlaubenden Signale, die feindlichen Signale, für die Dauer dieser Zugfahrt die Haltlage ein- Wärters ein unrechtmäßiges Signalbild einfach nicht herbeiführen könnte, und es erscheint somit alles Menschenmögliche getan, um den Zug-

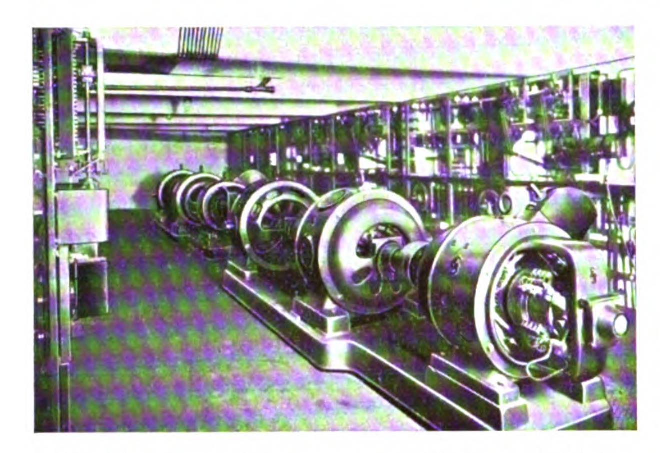


Bild 1. Blockstrom-Umformersatz im Unterwerk Wedding.

umlauf mit einem Höchstmaß von Sicherheit zu leiten.

Die gesamte, die Strecke Seestraße—Hasenheide umfassende Signalsicherungsanlage besteht gegenwärtig aus 81 selbsttätigen und halbselbsttätigen Lichtsignalen, 70 elektrischen Fahrsperren sowie 44 elektrisch angetriebenen Weichen. Hiervon entfallen auf die Sicherung des Betriebsbahnhofes zwei besonders durchgebildete Zahlen-Lichtsignale, je eins für die Ein- und Ausfahrt, sowie eins der üblichen Lichtsignale für die Einfahrt in den Betriebsbahnhof, ferner 28 elektrisch gestellte Weichen. Der Personenbahnhof Seestraße ist mit sechs Lichtsignalen ausgerüstet und hat sechs elektrisch angetriebene Weichen.

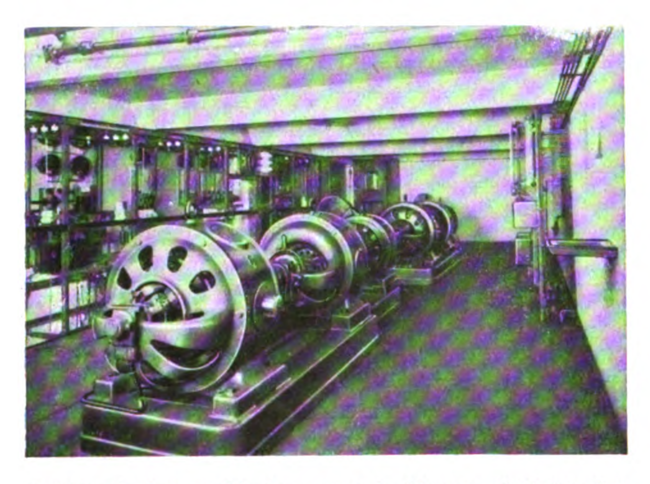


Bild 2. Blockstrom-Umformersatz im Unterwerk Hallesches Tor.

Die beiden Bahnhöfe Wedding und Stettiner Bahnhof sind in bezug auf die Gleisanlage, Zahl und Anordnung der Signale und Fahrsperren gleichartig durchgebildet. Die hier eingebauten elektrischen Schalterwerke betätigen jedes fünf Lichtsignale und drei Weichen. Der Kehrmöglichkeit im Bahnhofe Hasenheide dient ein hinter dem Bahnhofe gelegenes einfaches, aus vier Weichen bestehendes Kreuz. Dieses Weichenkreuz ist nur ein vorläufiges, es kommt bei der späteren Inbetriebnahme des Bahnhofes Hermannplatz in Fortfall. Vier Lichtsignale dienen der Sicherung aller Zugfahrten.

Die Bahnhöfe Leopoldplatz, Reinickendorfer Straße, Schwartzkopffstraße, Oranienburger Tor, Stadtbahn (Friedrichstraße), Französische Straße, Leipziger Straße, Kochstraße, Hallesches Tor, Belle-Alliance-Straße und Gneisenaustraße liegen alle im Zuge der durchgehenden freien Strecke und sind, wie der Plan Bild 1 erkennen läßt, mit Weichen nicht versehen. Zwei zwischen Stadtbahn und Französische Straße, Kochstraße und Hallesches Tor, Belle-Alliance-Straße und Gneisenaustraße unter dauerndem Verschluß liegende von Hand gestellte Notweichen dienen der Kehrmöglichkeit in Bedarfsfällen und sollten ursprünglich in die selbsttätige Signalanlage nicht einbezogen werden. Betriebliche Erwägungen führten indessen später dazu, die bei der Notkehre in Frage kommenden selbsttätigen Blocksignale, z. B. Ausfahrsignal 128 und Einfahrsignal 141 Französische Straße, sowie Ausfahrsignal 137 Stadtbahn, von dem Zustand der Weichen in einfacher Weise untereinander abhängig zu machen.

Strombelieferung. Der Blockstrom von etwa 500 V Spannung wird in den beiden Unterwerken Wedding und Hallesches Tor in besonderen umlaufenden Umformern, Bild 1 und 2, erzeugt. Jeder der SSW-Umformersätze nebst seinem Reservesatz besteht aus einem Drehstrom-Asynchrontriebmotor, der über einen 220 V-Transformator an die 10 000 V 50 Perioden-Speiseleitung angeschlossen ist.

Der Triebmotor treibt auf gemeinsamer Welle den Blockstromerzeuger für 500 V Spannung und etwa 60 Perioden, sowie einen Nebenschluß-Gleichstromgenerator für 220 V. Der Gleichstromerzeuger dient zur Strombelieferung für die Beleuchtung des Unterwerkes in Notfällen und zum Antrieb verschiedener kleiner Maschinensätze. Der Umformersatz ist so eingerichtet, daß er bei Störungen in der Drehstromspeiseleitung aus einer Sammlerbatterie mit dem als

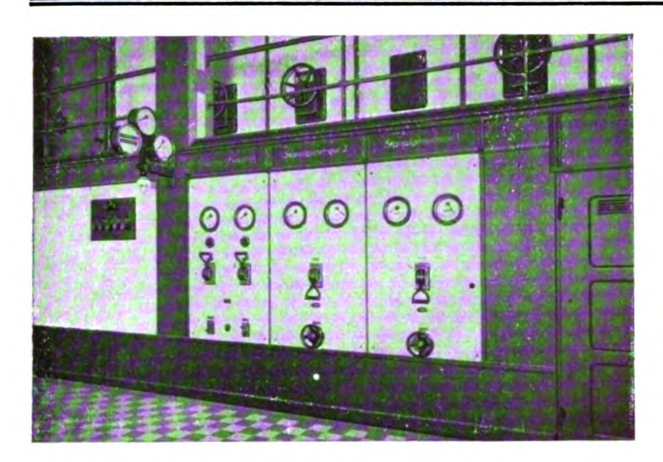


Bild 3. Signalschalttafel im Unterwerk Hallesches Tor.

Motor laufenden Gleichstromerzeuger angetrieben werden kann. Anlasser, Frequenz-, Strom- und Spannungsmesser, Schalter nebst Zubehör sind auf drei Feldern der Hauptschalttafel übersichtlich vereinigt (Bild 3).

Von den Umformern wird der Blockstrom in die längs der Strecke mit den Hochspannungskabeln auf der einen Tunnelseite geführten Blockspeisekabel geleitet. Der Blockstrom ist wegen der Kupferersparnisse und der günstigen Phasenbeziehungen der Blockrelais in den Stellwerkbezirken dreiphasig. Er wird an den Haltestellen und Bahnhöfen zu besonderen auf Winkeleisenrahmen befestigten und mit Sicherungen versehenen Abzweigkästen der SSW nach Bild 4 geführt. Von hier aus wird Blockstrom zu den einzelnen Verbrauchstellen, Gleisisolierungen oder Stellwerken geleitet. Alle Signallampen und Blockrelais der Anlage sind durch Wechselstrom betrieben, der in geeigneter Weise auf die Verbrauchspannungen transformiert wird. Die Strombelieferung des Blockspeisekabels geschieht durch beide Umformerwerke gleichzeitig. Es ist dafür gesorgt, daß sowohl das eine als auch das andere Unterwerk allein die Speisung bewirkt.

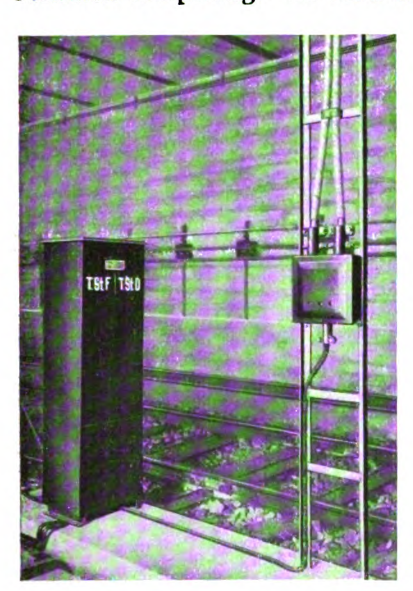


Bild 4. Abzweigkasten mit Sicherungen.

Alle Überwachungseinrichtungen der Stellwerke dagegen sowie sämtliche Stelleinrichtungen der Fahrsperren und Weichen sind durch Gleichstrom von 130 V Spannung betrieben. Er wird in jedem Stellwerkbezirk in bekannter Weise Sammlerbatterien entnommen. Der Gleichstrom betreibt die Weichenstelleinrichtungen, außerdem die Fahrsperren des Stellwerkbezirks und auch noch die Streckenfahrsperren. Die Sammler-Batterien werden durch Anlegen an das vorhandene Gleichstromnetz von 220 V Spannung aufgeladen. In Notfällen wird über Vorschaltwiderstände vor der 800 V-Stromschiene geladen. Die Ladung der Stellwerkbatterie auf Bahnhof Seestraße ist durch einen Quecksilber-Gleichrichter bewerkstelligt, der an das städtische Drehstromnetz von 220 V angeschlossen ist. Die Art der Ausführung des SSW-Gleichrichters läßt Bild 5 in der Vorderansicht, Bild 6

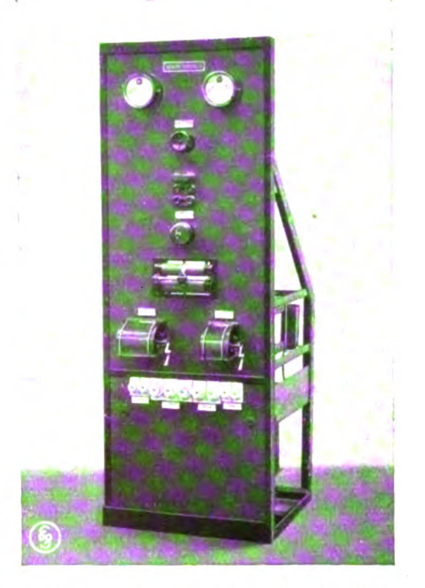


Bild 5. Quecksilbergleichrichter Bahnhof Seestraße, Vorderansicht.

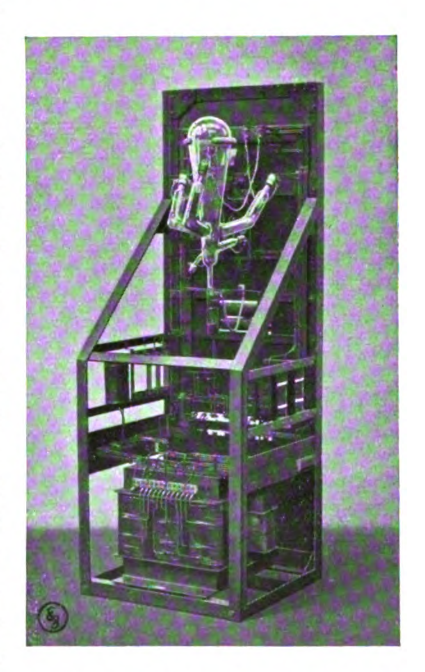


Bild 6. Rückansicht des Gleichrichters in Bild 5.

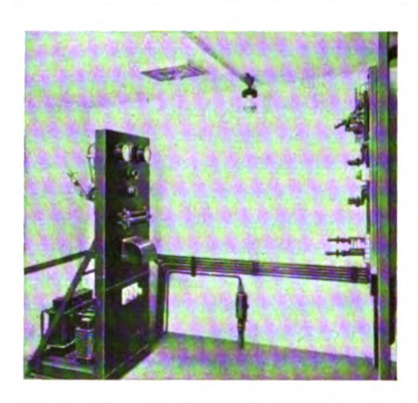


Bild 7. Quecksilbergleichrichter nebst Schalttafel im Laderaum Bahnhof Seestraße.

in der Rückansicht erkennen.

Die als Schalttafel ausgebildete Vorderseite des Gleichrichters trägt oben die Strom- und Spannungsmesser. Unter diesen ist hinter der Tafel die zum Einschalten des Gleichrichters nötige Kippvorrichtung angeordnet, die vorn in einem einfachen Drehknebel endigt. Unter dem die Stromstärke regelnden Widerstand sitzen die Drehschalter zum Einschalten des 220 V-Drehstroms und des Gleichstroms. Die Rückseite der Vakuumröhre und den am Boden angeordneten Transformator zeigt Bild 6. Die Auswechslung der Röhre in Bedarfsfällen ist einfach und beansprucht nur ganz geringe Zeit. Den vollständigen Gleichrichter nebst Schalttafel im Laderaum auf Bahnhof Seestraße stellt Bild 7 dar.

Die Vorteile der Umformung durch die in letzter Zeit sich steigender Beliebtheit erfreuenden Quecksilbergleichrichter[1]) sind gegenüber den umlaufenden Umformern wohl bekannt; in der Hauptsache sind es die sofortige Betriebsbereitschaft und einfachste Ingangsetzung. Außerdem bedürfen die Gleichrichter der Aufsicht während des Ladevorganges nicht, stellen also

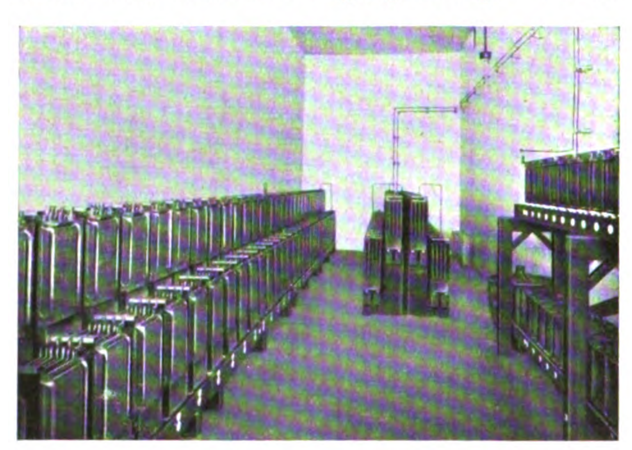


Bild 8. Sammlerbatterie Stellwerkanlage Belle-Alliance-Straße.

[1]) Näheres Druckschrift 1530 der SSW.

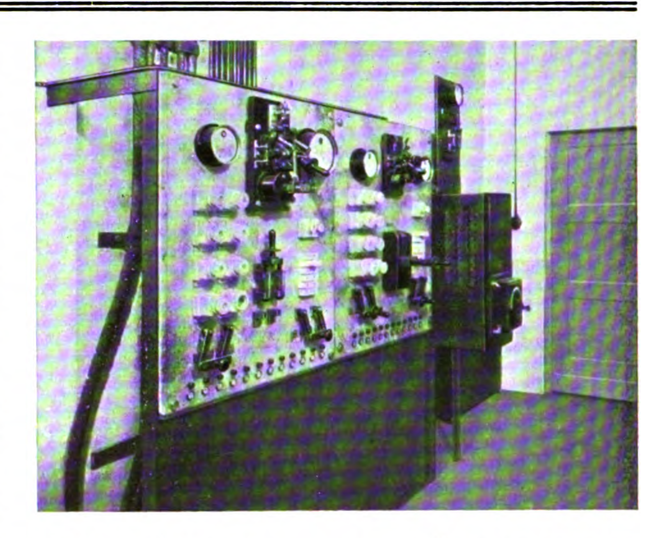


Bild 9. Laderaum Stellwerkanlage Belle-Alliance-Straße.

an das Unterhaltungspersonal die geringsten Ansprüche.

In den übrigen Stellwerkbezirken, Bahnhof Wedding, Stettiner Bahnhof sowie auf Bahnhof Belle-Alliance-Straße geschieht die Ladung der Sammlerbatterien unmittelbar durch Anschluß an vorhandenen Gleichstrom von 220 V der städtischen Elektrizitätswerke; es kommen also hier besondere Umformer nicht in Frage. Diese Batterien liefern auch die Stellströme für die Streckenfahrsperren, und zwar speist die Stellwerkbatterie Wedding die Fahrsperrenantriebe der Haltestellen Leopoldplatz und Reinickendorfer Straße, Batterie Stettiner Bahnhof die der Haltestellen Schwartzkopffstraße, Oranienburger Tor und Stadtbahn, Batterie Belle-Alliance-Straße die der Haltestellen Französische-, Leipziger-, Kochstraße, Hallesches Tor, Belle-Alliance-Straße und Hasenheide. Hierbei ist die Führung der Speisekabel derart vorgenommen, daß in Notfällen die benachbarten Stellwerkbatterien in der Strombelieferung zum Stellen der Fahrsperren einander aushelfen können. Die Ausgestaltung der Lade- und Batterieräume, z. B. auf Bahnhof Belle-Alliance-Straße, zeigen die Bilder 8 und 9.

Die Gleisisolierungen. Alle Gleise der durchgehenden freien Strecke und alle Weichen, Kehr- und Aufstellgleise, mit Ausnahme der Gleise des Betriebsbahnhofes, sind isoliert. In den Gleisisolierungen der freien Strecke sind nach Bild 10 an ihrem Anfang und Ende Drosselstöße der Bauart Westinghouse gemäß der auf Seite 527 in Nr. 12 der S. Z., Jahrgang 1923, erörterten Weise benutzt. Sie erlauben, beide

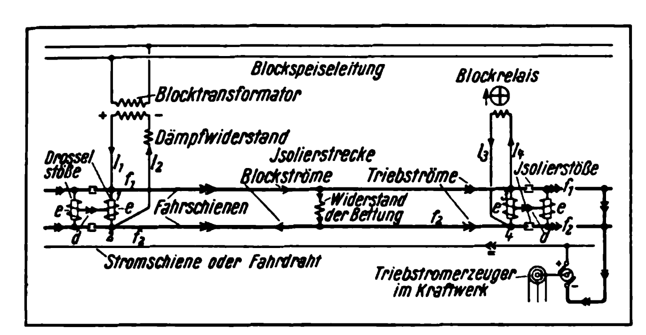


Bild 10. Gleisisolierung. Die Drosselstöße in der Isolierstrecke.

Fahrschienen jedes Gleises zur Rückleitung der Triebströme nach dem negativen Pol des Generators in den beiden Unterwerken zu benutzen. Bei dem starken Zugverkehr der zweigleisigen Schnellbahnen, wo erhebliche Triebstrommengen mit möglichst geringen Verlusten über die Fahrschienen in die Kraftwerke zurückzuleiten sind, läßt sich im allgemeinen der Einbau der kostspieligen Drosselstöße nicht umgehen. In den mit Kehr- und Aufstellgleisen versehenen Bahnhöfen dagegen reicht man bei den verhältnismäßig schwachen Triebströmen mit einer Fahrschiene zur Rückleitung aus und kann auf diese Weise Drosselstöße entbehren. Man hat es hier mit einschienigen, gegenüber den zweischienigen Gleisisolierungen der freien Strecke zu tun. Im Aufbau und der Wirkungsweise der an die Gleisisolierungen angeschlossenen selbsttätigen Blockeinrichtungen wird durch die Drosselstöße nichts geändert. Diese dienen nur betrieblichen, nicht signaltechnischen Zwecken. Die Fahrschienen sind auf Holzschwellen in gut entwässerter Schotterbettung verlegt. Die dem Verrosten ausgesetzten und daher schlecht leitenden Schienenstöße sind durch verzinkte Laschen leitend verbunden. Auf diese Weise ist für den Blockstrom ein metallischer Stromweg — Gleisstromkreis — geschaffen, der in bekannter Weise durch Isolierstöße üblicher Art elektrisch gegen die benachbarten Gleisstromkreise abgesondert ist.

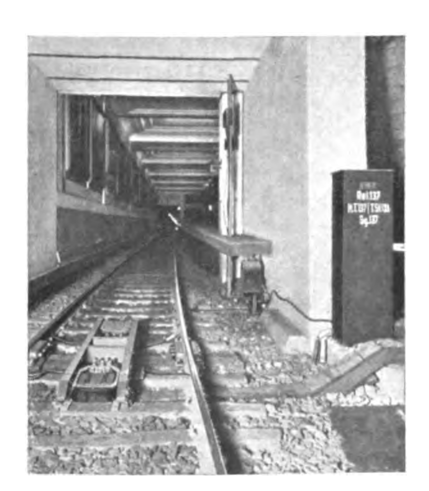


Bild 11. Drossel- und Isolierstöße auf Bahnhof Stadtbahn.

Die Drosselstöße sind in der Mitte des Gleises zwischen den Fahrschienen eingebaut. Am Anfang und Ende der Gleisisolierungen ist der Drosselstoß der einen und der Drosselstoß der benachbarten Strecke durch eine gemeinsame Riffelblech-Abdeckung geschützt. Die Art des Zusammenbaues zeigt Bild 11 deutlich. Der Riffelblechdeckel ist entfernt, so daß die beiden Drosselstöße sichtbar werden. Vom unteren Drosselstoß ist der Deckel abgenommen, so daß der geblätterte Eisenkern und die aus dem Kasten herausragenden Kabelschuhe für die nach der Fahrschiene führenden starken Kupferseile erkennbar sind. Eine Ansicht des geschlossenen Drosselstoßes gibt Bild 12. Die vorn und hinten mit Abschrägungen zum bequemen Überschreiten versehenen Abdeckungen liegen bis Schienenhöhe über den Holzschwellen. Eine für das Überschreiten noch bequemere neue Form verdeutlicht Bild 13, bei der die Stöße mit allem Zubehör bis zur Schwellenebene versenkt sind.

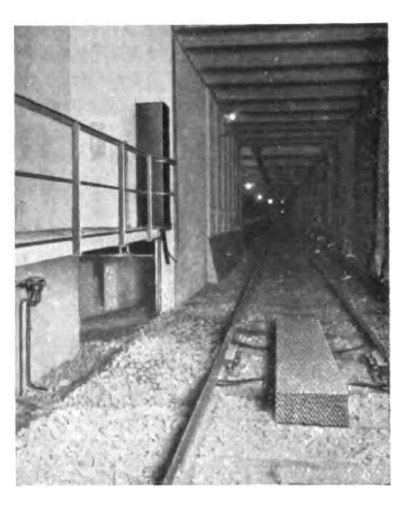


Bild 12. Drosselstöße mit Abdeckung auf Bahnhof Seestraße.



Bild 13. Versenkte Drosselstöße auf Bahnhof Belle-Alliance-Straße.

Alle vom Blocktransformator oder Blockrelais nach den Drosselstößen führenden Leitungen

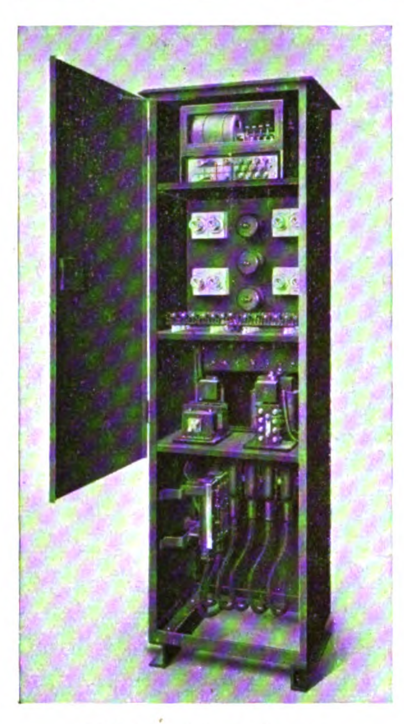


Bild 14. Blockschrank.

sind in Schotter durch starkes Rohr geschützt, damit sie beim Stopfen der Bettung nicht zerstört werden. Blockrelais und Transformator sowie alle erforderlichen Nebeneinrichtungen, wie Dämpfwiderstand, Schalter, Sicherungen, Endverschlüsse usw., sind guter Übersicht und Unterhaltung wegen in einem besonderen Schrank, Bild 14, vereinigt. Das Blockrelais ist ungefähr in Augenhöhe in das oberste Fach gesetzt, während im mittelsten Fache auf einer Schiefertafel die Schalter und Sicherungen sowie der Dämpfwiderstand angeordnet sind. Darunter sitzen die Blocktransformatoren.

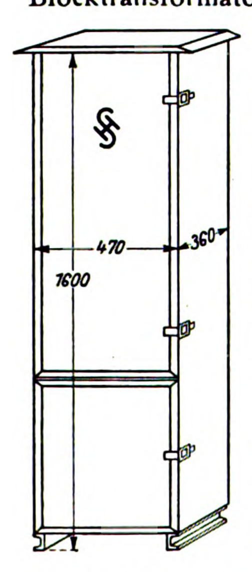


Bild 15. Maßbild des Blockschrankes.

Alle hohe Spannung führenden Leitungen sind hinter der Schalttafel in einem soliden Metallschlauch geführt. Das als Kabelkammer ausgestaltete untere Fach enthält die Blockspeise- und Signalkabel übersichtlich und leicht zugänglich.

Die Kabelkammer ist im Betriebe durch einen besonderen Deckel verschlossen. Alle innerhalb des Schrankes erforderlichen Verbindungen und Leitungen wurden im Blockwerk fertig verlegt und geschaltet, so daß bei der Montage nur noch das Anlegen der von den Endverschlüssen kommenden Adern der Kabel verblieb. Dazu dient das über den Transformatoren sichtbare Klemmenbrett.

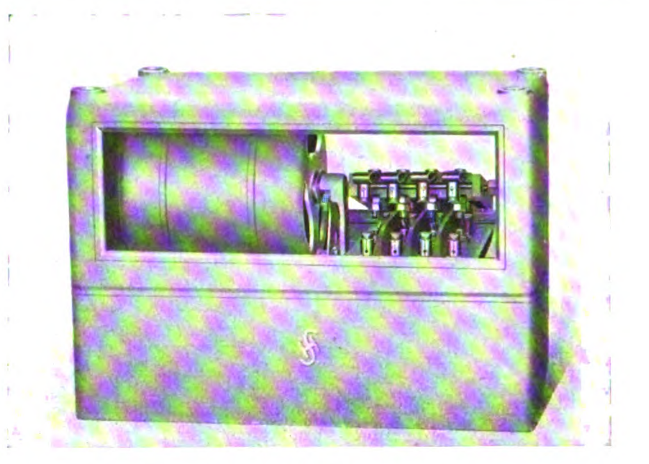


Bild 16. Blockrelais geschlossen.

Der Blockschrank hat eine verschließbare Tür, die mit Gummistreifen gegen das Eindringen von Feuchtigkeit und Staub versehen ist. Der Ausschlag der Tür ist bei Aufstellung der Schränke zwischen den Gleisen durch eine Kette beschränkt. Über das Raumbedürfnis des Blockschrankes gibt das Maßbild 15 Auskunft.

Das Blockrelais ist ein kleiner Zweiphasenmotor, dessen Phasenwicklungen in der bekannten Weise an die Fahrschienen der Gleisisolierung und die Blockleitungen angeschlossen sind. Der Anker des Motors bewegt eine mit vier oder mehr Kontakten ausgerüstete Kontaktschwinge. Bei besetzter Strecke dreht ein Gewicht die Kontaktschwinge in ihre Grundstellung zurück. Bild 16 zeigt das Relais mit verglastem Schutzdeckel und verdeckten Klemmen, Bild 17 bei abgenommenem Deckel mit den nach vorn freiliegenden Anschlußklemmen. Auf der linken Seite des Klemmenbrettes erscheinen zuerst die

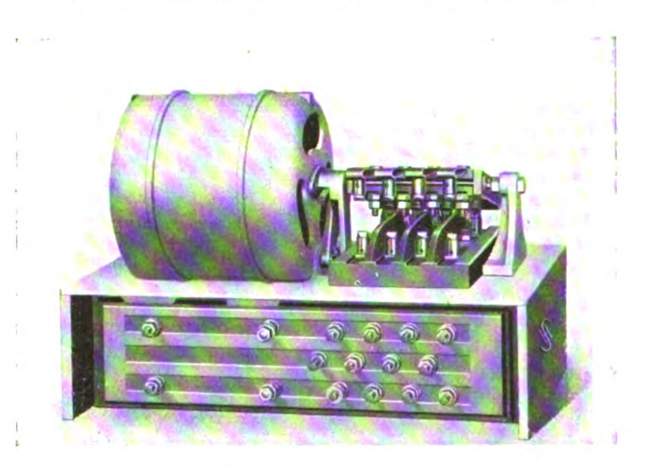


Bild 17. Blockrelais geöffnet.

zwei Klemmen der Gleiswicklung, dann folgen die beiden Klemmen der Hilfswicklung und die 12 Klemmen der vier Wechslerkontakte. Die Zuleitungen kommen von unten in vertikaler Richtung; sie werden nebst den Klemmen im Betriebe durch einen besonderen plombierbaren Deckel vollständig verschlossen.

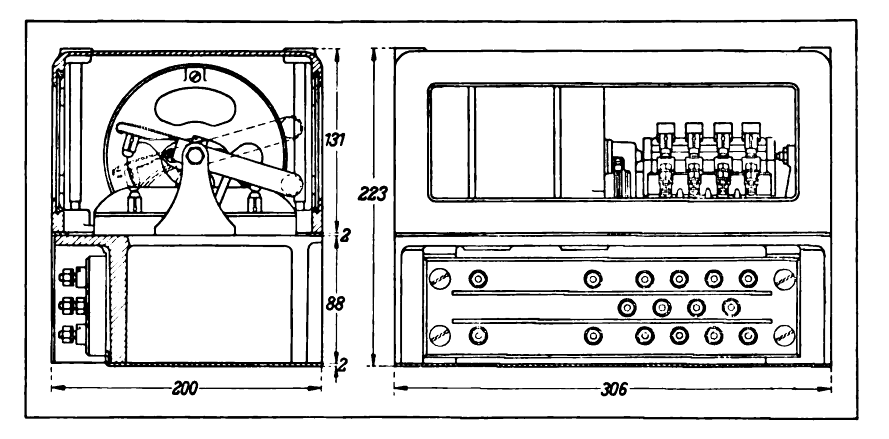
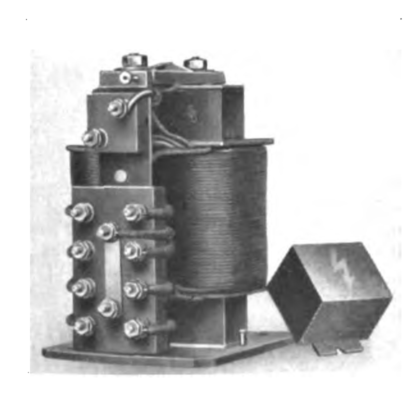


Bild 18. Maßbild des Blockrelais.

Bei freier Strecke wird durch den Anker die Kontaktschwinge gedreht, und dann gelangen die oberen Kontaktfedern auf die unteren, wobei alle für die Steuerung der Signale und Fahrsperrenantriebe erforderlichen Stromwege geschlossen gehalten werden. Der Raumbedarf des Blockrelais ist aus dem Maßbild 18 ersichtlich. Auf der Rückseite des Klemmendeckels ist eine der Unterhaltung und Prüfung der Relais dienende Prüfkarte eingeklebt. Sie enthält die erforderlichen Betriebsdaten, wie Spannung, Strom, Phasenverschiebung, Erneuerung der Kontakte, Name des Prüfers, Tage der Prüfung usw.

Der die Gleisisolierung mit Strom beliefernde Blocktransformator ist in der Ausführung in Bild 19 wiedergegeben. Es ist ein kleiner Transformator einfachster Art, dessen oben angeordnete Hochspannungsklemme für 500 V durch eine isolierte Kappe geschützt wird und dessen untere Sekundärwicklung die erforderlichen Niederspannungsklemmen aufweist, und zwar für die Steuerung der Lampen des Lichtsignals 110 und 12 V, für die Strombelieferung der Gleisisolierung 4 bis 12 V, je nach der Art und Länge des zu speisenden Abschnittes. Das Raumbedürfnis des Transformators zeigt Maßbild 20.


Bild 19. Blocktransformator.

Die Lichtsignale. Die Lichtsignale stehen durchweg im Tunnel. Sie zeigen in der üblichen Weise rotes Licht für die „Halt“-, grünes Licht für die „Fahrt“anzeige. In der Grundstellung bei unbesetzten Blockstrecken sind auf der durchgehenden freien Strecke die grünen Lampen eingeschaltet. In den Stellwerkbezirken dagegen zeigen alle an das elektrische Schalterwerk angeschlossenen Lichtsignale in der Grundstellung durch rotes Licht „Halt“.

Mit jedem Lichtsignal steht eine selbsttätige Fahrsperre in Verbindung, die bekanntlich den Zug zum Halten bringt, wenn der Zugfahrer

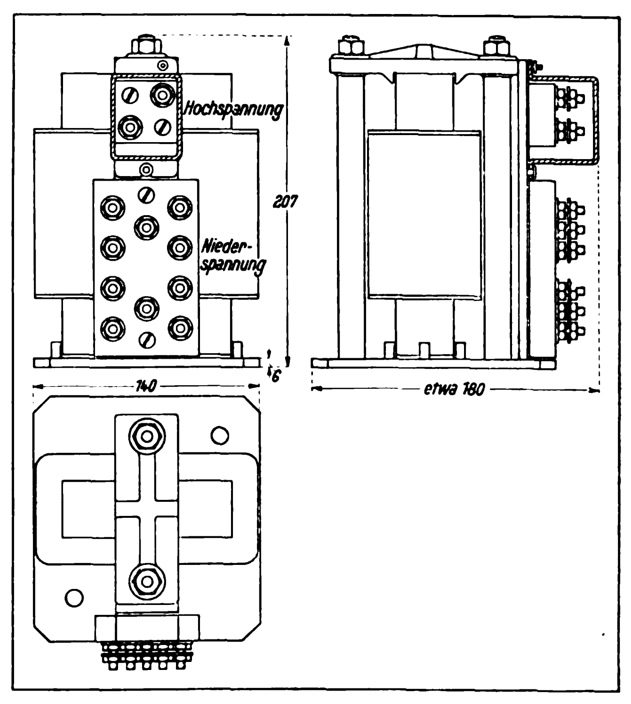


Bild 20. Maßbild des Blocktransformators.

ein in der Haltanzeige befindliches Signal aus Irrtum oder Mißbrauch überfahren würde. Auf der freien Strecke stehen in der Grundstellung

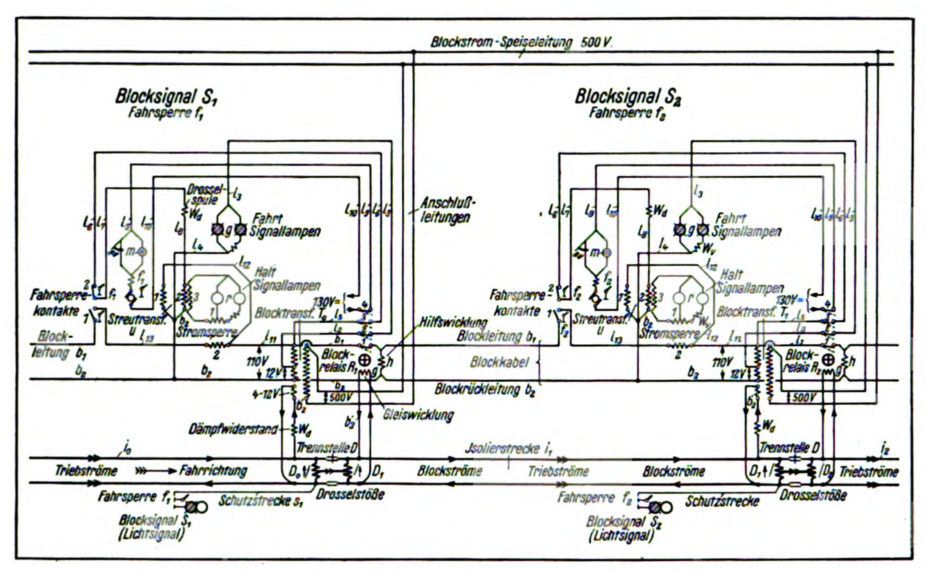


Bild 21. Schaltung der Blocksignale, Lichtsignale und Fahrsperren.

die am Gleis angebrachten Fahrsperren wie ihre Signale in der Freilage, während sie sich bei den Signalen der Stellwerkbezirke in der Sperrlage befinden. Der Durcharbeitung der Schaltung und Steuerung der Lampenstromkreise der Lichtsignale ist vom Blockwerk besondere Sorgfalt zuteil geworden. Alle Stromkreise, auch derjenige des elektrischen Fahrsperrenantriebes, werden durch das an die Fahrschienen angeschlossene Blockrelais gesteuert. Nur dieses und der Fahrsperrenantrieb sind die einzigen mit bewegten Teilen versehenen Einrichtungen. Die Herstellung der von einem Signal zum anderen führenden Blockabhängigkeiten ist ohne bewegte Teile auf rein elektrischem Wege bewerkstelligt. Die gesamte Schaltung zeigt Bild 21. Aus ihr wird der Anschluß der Primärwicklung des Blocktransformators an die Blockstrom-Speiseleitung von 500 V, sowie der Anschluß der Sekundärwicklungen für Gleisisolierung und das der Abhängigkeit von Signal zu Signal dienende Blockkabel ersichtlich. Das Schaltbild läßt auch die Führung der Triebströme über die Drosselstöße der Gleisisolierungen deutlich erkennen. Eine ausführliche Erläuterung der Schaltung gibt der unten näher bezeichnete Sonderdruck [1]).

Bild 22. Signallaterne, geschlossen.

Die Ausführungen der Lichtsignallaternen zeigen die Bilder 22 und 23 bei geschlossenem und geöffnetem Schutzkasten. Das Licht der beiden parallel geschalteten Signallampen wird in der üblichen Weise durch die rote oder grüne Stufenlinse von etwa 100 mm Durchmesser verstärkt. Für eine gute optische Wirkung der Lampen ist durch eine einfache Einstell- und Regelvorrichtung Sorge getragen.

In dem links der Lampenkammer belegenen Raume der Laterne, Bild 23, sind die Magnetwicklungen des Streutransformators und der Stromsperre untergebracht. Davor sitzen noch einige der Stromreglung dienende einfache induktionsfreie Widerstände. Alle Leitungen innerhalb der Laterne sind im Werk fertig verlegt. Die von einem besonderen Endverschluß der Laterne aus dem Signalkabel herausführenden

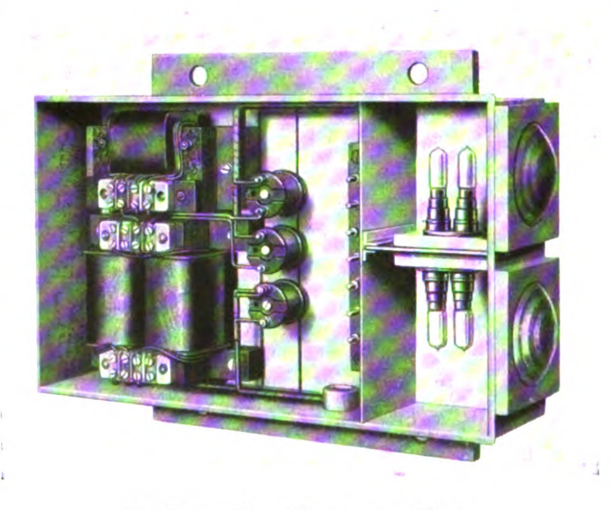


Bild 23. Signallaterne, geöffnet.

Leitungen sind zu einer lotrecht sitzenden Klemmenleiste geführt. Der Anschluß einer

[1]) Sonderdruck Bl. 190 des Blockwerkes: „Der selbsttätige Streckenblock" Seite 14 ff.



Bild 24. Selbsttätiges Blocksignal mit Fahrsperre.

Laterne vollzieht sich einfach und in kurzer Zeit. Die Anbringung des Lichtsignals im Tunnel ist in der folgenden Weise vorgenommen: Das Signal steht grundsätzlich links der Fahrrichtung aus der Erwägung, daß hiermit im vorliegenden Falle die beste Unterhaltung und Zugänglichkeit des Signals gegenüber der üblichen Rechtsanbringung an der Tunnelwand gegeben ist. Die Signallaterne ist an einem leiterartig ausgebildeten Rahmen zwischen den Gleisen angebracht und ermöglicht so dem Unterhaltungspersonal gefahrlose und leichteste Unterhaltung und Prüfung. Bild 24 zeigt die Ausführung eines Einfahr-, Bild 25 diejenige eines Ausfahrsignals. Im ersten Bilde steht die Fahrsperre mit ihrem Antrieb hinter der Signalleiter. Im anderen Bilde hängt das Signal mit seiner Leiter an der Wand der zwischen den Gleisen stehenden Bahnhofsbauten. Hierbei mußte der Antrieb der Fahrsperre wegen Platzmangels unter dem Bahnsteig im Kabelgang aufgestellt werden. Die Aufstellung der Signale und Fahrsperrenantriebe mußte sich den örtlichen Verhältnissen anpassen. So zeigt Bild 26 das südliche Ausfahrsignal 165 auf Bahnhof Belle-Alliance-Straße an der Eingangstreppe des Bahnsteiges angebracht, während der Fahrsperrenantrieb wegen der Stromschiene auf der anderen Seite des Gleises sitzt.

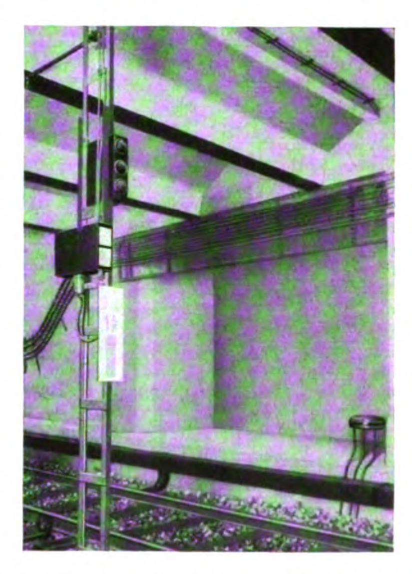


Bild 25. Selbsttätiges Ausfahrsignal. Fahrsperrenantrieb unter dem Bahnsteig.



Bild 26. Selbsttätiges Ausfahrsignal auf Bahnhof Belle-Alliance-Straße.

Von der Ausführung der selbsttätigen Blocksignale unterscheiden sich diejenigen der halbselbsttätigen, vom Stellwerk bedienten Signale, Bild 27, durch ein langes, mit einem roten lotrechten Streifen versehenes Nummernschild, sowie durch eine zweite, unter dem Hauptsignal angeordnete Laterne. Sie ersetzt das Hauptsignal in Störungsfällen und wird von einem besonderen Schalter im Stellwerk durch den Wärter eingeschaltet. An diesem Hilfssignal, dem sogenannten Befehlsignal, erscheint dann in transparenter Schrift das Signal „10 km", das den Zugfahrer berechtigt, mit 10 Kilometer Fahrgeschwindigkeit in den Bahnhof einzufahren. Der Schalter des Befehlsignales ist im normalen Betriebe durch eine Bleiplombe verschlossen. An manchen Stellen im Tunnel, wo infolge von Neigungen oder Krümmungen die Sicht der Signale beeinträchtigt worden ist, sind Vorsignale nach Bild 28 angeordnet worden. Die Laterne des Vorsignals sitzt tiefer als diejenige des Haupt-


Bild 27. Halbselbsttätiges Signal mit Befehlsignal „10 km".

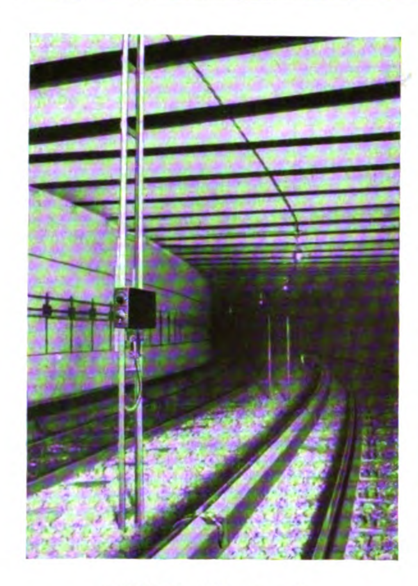


Bild 28. Vorsignal.

signals und zeigt in der bekannten Weise gelbes Licht für „Warnung“, grünes Licht für „Fahrt“. Die Ausführung der Vorsignallaterne entspricht sonst derjenigen des Hauptsignals.

Zwischen dem Bahnsteig und dem Einfahrsignal sind sogenannte Gefahrsignale, Bild 29, eingebaut worden. Die Berliner Hochbahngesellschaft[1]) verwendet solche Signale auf ihren Strecken mit Nutzen und es erschien zweckmäßig, dies auch auf der Nord-Süd-Bahn zu tun. Das Signal besteht aus einer mit drei roten Linsen versehenen Laterne. Im gewöhnlichen Betriebe ist das Signal dunkel. Soll der Zug aus irgendeinem wichtigen Grunde vor dem Bahnsteige zum Halten gebracht werden, so schaltet der Bahnsteigwärter mit Hilfe eines der drei auf dem Bahnsteig verteilten Schalter das Gefahrsignal ein. Gleichzeitig wird bei diesem Schaltvorgang das Einfahrsignal selbsttätig in die Haltstellung übergeführt.

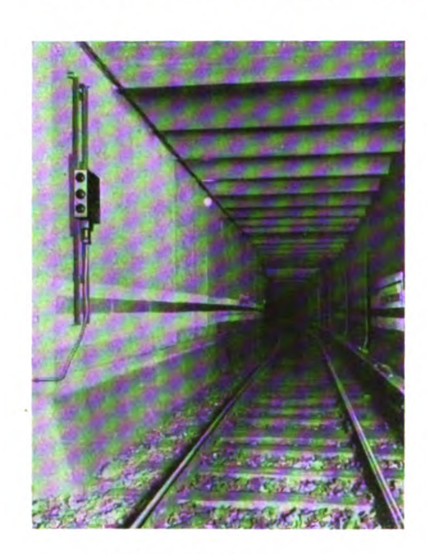


Bild 29. Gefahrsignal.

Die selbsttätigen und halbselbsttätigen Signale unterscheiden sich dem Zugfahrer deutlich durch die Schilderaufschriften. Das selbsttätige

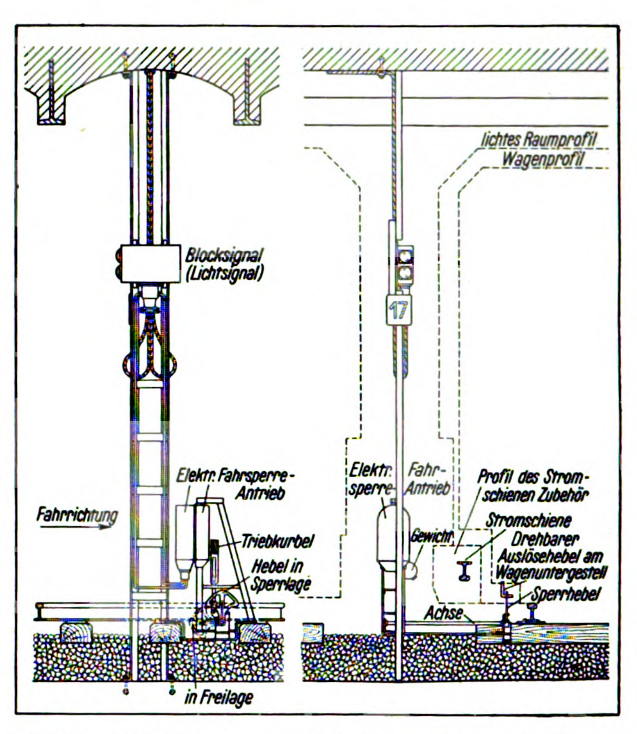


Bild 30. Die Fahrsperre nebst elektrischem Antrieb am Blocksignal.

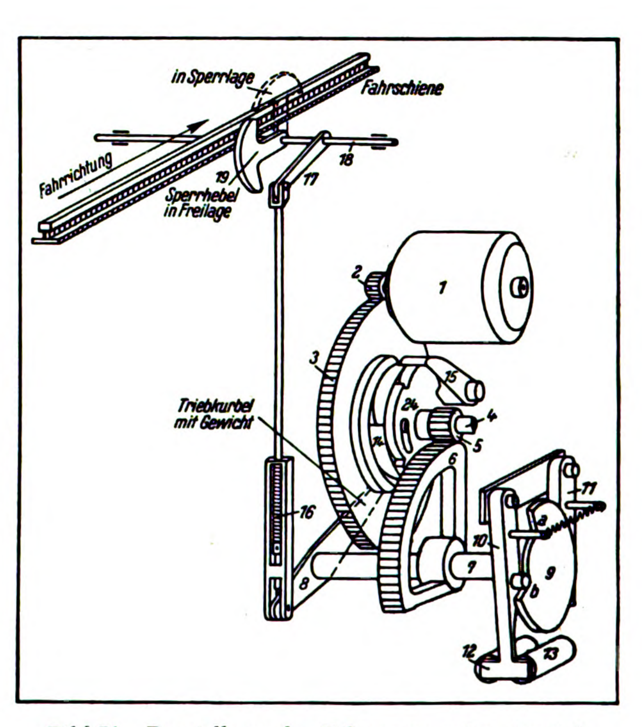
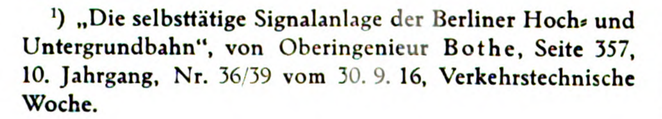


Bild 31. Darstellung der Fahrsperre nebst Antrieb.

Blocksignal hat eine einfache Zahl auf dem fast quadratischen Signalschild, während das längliche Schild des halbselbsttätigen Signales außer der Zahl auch noch die Anfangsbuchstaben des



[1]) „Die selbsttätige Signalanlage der Berliner Hoch- und Untergrundbahn“, von Oberingenieur Bothe, Seite 357, 10. Jahrgang, Nr. 36/39 vom 30. 9. 16, Verkehrstechnische Woche.

zugehörigen Stellbezirkes trägt. Die Bestimmungen für das Überfahren der Signale sind nach der Art des Signals verschieden. Während der Fahrer bei Haltanzeige des selbsttätigen Signals nach einer Minute Wartezeit und Betätigung des am Wagen befindlichen Bremsauslösers mit 10 km Geschwindigkeit in die besetzte oder gestörte Strecke einfahren darf, ist dagegen dem Fahrer in den Stellwerkbezirken das Überfahren des die Haltstellung zeigenden halbselbsttätigen Signals unter allen Umständen verboten. Zur einwandfreien Unterscheidung dieses Signals von dem selbsttätigen ist daher dem Signalschild der in lotrechter Richtung verlaufende und im Bild 27 erkennbare rote Streifen gegeben, um unzweideutig und sinngemäß zum Ausdruck zu bringen,

Die Fahrsperre. Der zwischen den Gleisen befestigte elektrische Antrieb bewegt über Gestänge den neben dem Gleis drehbar angeordneten Sperrhebel. Dieser hat nach eingehenden Betriebserprobungen der Hochbahngesellschaft die im Bild 30 dargestellte fächerartige Form erhalten. Bei Haltstellung des Signals befindet sich die Triebkurbel des Antriebes mit ihrem Gewicht in der unteren Lage, und es steht dann der Sperrhebel am Gleis lotrecht. In dieser Lage würde er, wenn der Zugfahrer das Signal in der Haltstellung überfährt, den am Wagenuntergestell angebrachten Auslösehebel aus seiner Lage herausdrehen. Durch diesen wird dann die selbsttätige Bremsung und die Abschaltung des Triebstromes herbeigeführt.

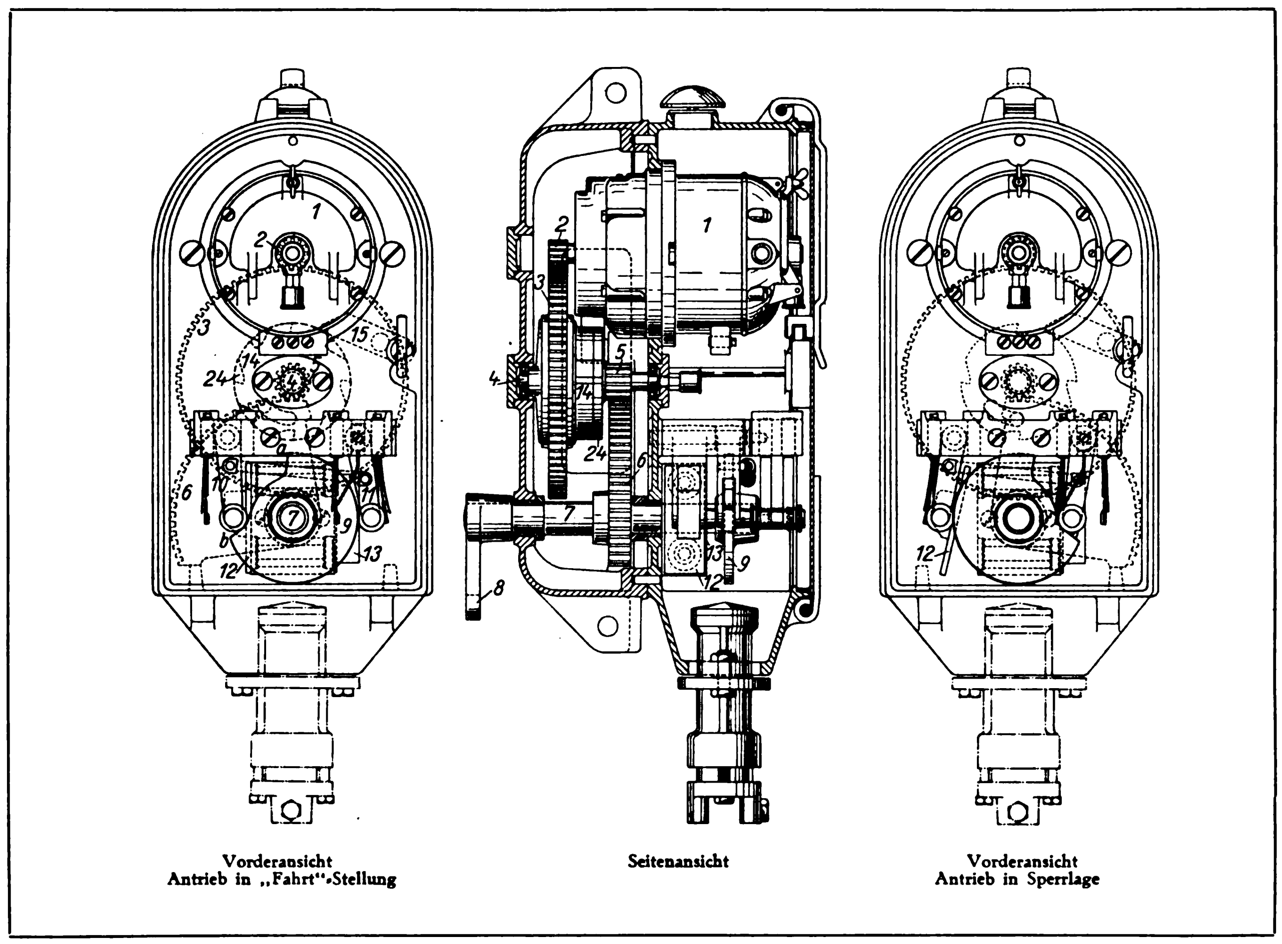


Bild 32. Elektrischer Fahrsperrenantrieb.

daß im Stellwerkbezirk die Haltstellung als Grundstellung gilt, und daß es in Störungsfällen nur nach Erscheinen des Befehlsignals überfahren werden darf.

Verläßt der Zug mit allen seinen Achsen die isolierte Blockstrecke, so zieht in der bekannten Weise das Blockrelais seinen Anker an und schaltet über die in der Fahrlage geschlossenen



Bild 33.
Antrieb in Bewegung.



Bild 34.
Stirnradgetriebe.

Kontakte den elektrischen Antrieb der Fahrsperre an. Dabei wird der lotrecht stehende Sperrhebel um etwa 90° gegen die Fahrrichtung herumgedreht und nimmt die im Bilde strichpunktierte Stellung ein. In dieser Lage tritt eine Einwirkung auf den am Wagenuntergestell angebrachten Auslösehebel nicht mehr ein, dieser kann also frei passieren.

Die Fahrsperre gelangt hinter dem vorüberfahrenden Zuge selbsttätig in die Sperrlage. Es



Bild 35. Fahrsperrenantrieb unter der Bahnsteigüberdachung.

geschieht dadurch, daß das Blockrelais kurzgeschlossen wird, und dabei seine Kontakte unterbricht. Das auf der Triebkurbel sitzende Gewicht wird dann durch den im Antrieb vorhandenen Haltemagneten nicht mehr festgehalten, und es dreht sich die Triebkurbel und das mit ihr verbundene Gestänge nebst Fahrsperrenhebel in die Sperrlage.

Die Wirkungsweise des Fahrsperrenantriebes verdeutlicht Bild 31. Der Motor 1 treibt über die Zahnräder 2 und 3, sowie 5 und Zahnsegment 6 die Welle 7, auf der Triebkurbel 8 und Steuerscheibe 9 befestigt sind. Einschnitte a und b der Steuerscheibe bewegen in besonderer Weise die durch eine Zugfeder zusammengezogenen Schalthebel 10 und 11, wobei diese durch Kontakte den Triebmotor an- oder abschalten. In jeder der beiden Endstellungen des Antriebes, Frei- oder Sperrlage des Fahrsperrenhebels 19, ist die eine Laufrolle nebst ihrem Schalthebel eingelaufen, und die andere läuft, ohne ihrerseits eine Schaltbewegung auszulösen, auf dem Kranz der Steuerscheibe. Der Schalthebel 10 trägt an seiner rückwärtigen Verlängerung den Anker 12 des Haltemagneten 13. Ist dieser bei freier Blockstrecke stromdurchflossen, so hält er nach beendetem Stellhub und nach dem Einlaufen des Schalthebels 10 den angelegten Anker 12 fest und damit auch über 8, die federnde Gabel 16 und das übrige Gestänge 17 und 18 den Sperrhebel 19 in der Freilage. Bei Unterbrechung des Haltestromes verschwindet die magnetische Abstützung, und die unter der Wirkung des auf 8 sitzenden Gewichtes stehende Steuerscheibe dreht durch die Wirkung der schrägen Aussparung den Schalthebel 10 nebst Anker 12 beiseite. Es setzt sich dann das Getriebe in umgekehrter Richtung in Bewegung, und der Fahrsperrenhebel 19 gelangt in die punktiert eingezeichnete Sperrlage.

Die konstruktive Durchbildung des Fahrsperrenantriebes zeigt in drei Ansichten Bild 32. Die bequeme Zugänglichkeit des Triebmotors und der Kontakte ist aus Bild 33 ersichtlich, das den Antrieb während eines Augenblickes in der Bewegung darstellt.

Der Fahrsperrenantrieb ist mit einem Stirnradgetriebe versehen, dessen Ausbildung und Anordnung Bild 34 erkennen läßt. Die Anbringung der Fahrsperren und ihrer elektrischen Antriebe an den Blocksignalen auf der freien Strecke ist einfach. Bei manchen selbsttätigen und halbselbsttätigen Ausfahrsignalen ließ sich jedoch

diese einfache Anordnung nicht beibehalten. So zeigt beispielsweise Bild 35 die Anordnung eines unter der Bahnsteigüberdachung angebrachten Fahrsperrenantriebs. Die Wände der Bahnhofsbauten sind hier in reichlichem Abstand von dem Gleiskörper ausgeführt, und der Antrieb ist auch hier noch gut zugänglich. Wo indessen, wie beispielsweise in Bild 25, die Wände vielfach bis an das lichte Raumprofil des Tunnels herangerückt sind, blieb nichts anderes übrig, als die Fahrsperrenantriebe unter dem Bahnsteig in dem Kabelgang anzuordnen. Die Wände erhielten Öffnungen, durch die das Antriebgestänge und die Kabel geführt sind.

Tieftemperaturverkokung der Kohle

Mitgeteilt von der „Allkog" Allgemeine Kohleverwertungs-Ges. m. b. H.

Die Erzeugnisse der Tieftemperaturverkokung von Kohlen sind Halbkoks, Urteer und Benzin in Ausbeuten, die sich aus den Eigenschaften der verschwelten Kohlen ergeben, Gasol, dessen Menge von der Art der Schwelgaszusammensetzung abhängt, und hochwertiges, entbenziniertes und gasolfreies Gas, dessen Menge durch die Eigenart der Kohle und die Schweltemperatur, sowie den Aufarbeitungsgrad des Schwelgases gegeben ist.

Von den bei der Schwelung anfallenden Erzeugnissen stellt der Halbkoks im allgemeinen hinsichtlich Menge und Preis das Hauptprodukt dar. Die Ausbeute an Halbkoks beträgt in den meisten Fällen etwa 50 bis 75 v. H., je nach Beschaffenheit des durchgesetzten Materials, bezogen auf trockene Kohle. Bei nicht backender Kohle fällt der Koks in einer Stückigkeit an, die ungefähr derjenigen der Rohkohle entspricht, während mit steigender Backfähigkeit eine größere Stückgröße erhalten werden kann. Diese letztere Eigenschaft ist insbesondere dort von Vorteil, wo die Einsatzkohle in verhältnismäßig feiner Form vorliegt. Der Halbkoks hat im allgemeinen gegenüber metallurgischem Koks eine verhältnismäßig geringe Festigkeit, so daß er in den Fällen, wo eine hohe Tragfähigkeit Bedingung ist, keine Verwendung finden kann. Er muß infolgedessen solchen Verwendungszwecken zugeführt werden, wo eine große Druckfestigkeit nicht erforderlich ist, wie beispielsweise beim Hausbrand oder bei der Kohlenstaubfeuerung. Hierfür eignet sich der Halbkoks besonders gut, da er trocken ist, sich sehr leicht mahlen läßt und infolge seines Gehaltes an flüchtigen Bestandteilen, der beim Steinkohlen-Halbkoks durchschnittlich etwa 10 bis 14 v. H., bei Braunkohlen-Halbkoks noch beträchtlich höher ist, eine leichte Entflammbarkeit und gegenüber Koksstaub eine längere Flamme hat. Da die teerbildenden Bestandteile aus der Kohle ausgetrieben sind, und die im Halbkoks noch zurückgebliebenen flüchtigen Bestandteile praktisch nur noch aus Gasen bestehen, stellt der Halbkoks einen rauchlos brennenden Brennstoff dar. Es ist dies ein Vorteil, der in manchen Fällen, insbesondere in den großen Städten Englands und Amerikas, das Augenmerk auf die Verschwelung hingelenkt hat.

Als weiteres Verwendungsgebiet für den Halbkoks kommt die restlose Überführung in Gas in Frage. Wenn man berücksichtigt, daß rund $^2/_3$ des gesamten Kohlenstickstoffes nach der Verschwelung der Kohle sich im Halbkoks wiederfindet, so besteht hier die Möglichkeit, diesen Stickstoff in Form von Ammoniumsulfat beim Generatorprozeß zu gewinnen. In welchem Falle dies zutrifft, kann allgemein nicht gesagt werden, da gerade die Wirtschaftlichkeit der Stickstofferzeugung im Anschluß an die Vergasung von Brennstoffen von der Marktlage der Erzeugnisse sehr stark beeinflußt wird.

Außerdem läßt sich aus Halbkoks Wassergas erzeugen, und hierdurch ist eine Möglichkeit gegeben, aus gasreichen, nicht backenden Kohlen ein Leuchtgas von etwa 4000 bis 4500 WE/m^3 unter Verwertung des anfallenden festen Schwelrückstandes in Form von Wassergas unter Zumischung des ausgewerteten Schwelgases zu gewinnen, deren Bewertung jedoch einerseits von den Marktpreisen für Halbkoks und Gas und andererseits von der Verwendungsmöglichkeit des Halbkoks selbst abhängig ist.

Durch neuere, noch in der Entwicklung begriffene Verfahren ist es möglich geworden, aus kohlenoxyd- und wasserstoffreichen Gasen alkoholartige flüssige Brennstoffe und auch Methylalkohol zu erzeugen. Hierzu kann man ohne weiteres auch das Wassergas aus Halb-

koks heranziehen, und somit besteht die Möglichkeit, den bei der Verschwelung anfallenden Halbkoks in Motorbetriebsstoffe überzuführen.

Durch Brikettierung kann feinkörniger Halbkoks in stückige Form übergeführt werden, in der er sich für alle solche Verwendungszwecke eignet, wo keine besonders hohe Druckfestigkeit erforderlich ist, beispielsweise zur Beheizung von Lokomotiven, für Hausbrand und Industriefeuerungen. Über die Festigkeit von Halbkoks in nicht brikettiertem und brikettiertem Zustand gibt A. Thau[1]) folgende Werte an:

gepreßt	Festigkeit kg/cm²
ohne Bindemittelzusatz	10
mit 2 v. H. Hartpechzusatz	60
„ 5 „ „	90
„ 6 „ „	100

Der Aschegehalt des Halbkoks richtet sich nach der Rohkohle, der sich praktisch nach Menge im Halbkoks wiederfindet.

Es hat sich gezeigt, daß Halbkoks bei Zusatz zu treibenden Kokskohlen, mit denen ein guter Koks ohne Zumischung nicht zu erreichen war, einen guten metallurgischen Koks ergibt. Bei den bisher in dieser Richtung vorgenommenen Versuchen ist meist ein Zusatz von 15 bis 25 v. H. Halbkoks zu der treibenden Kokskohle genommen worden, wobei die Höhe dieses Zusatzes von den Eigenschaften der treibenden Kokskohle abhängig ist. Diese Verwendungsart stellt gegebenenfalls eine weitere Möglichkeit dar, die Hauptmenge des Kohlenstickstoffes, der im Halbkoks verblieben ist, in Form von Ammoniak dann aus den Kokereigasen zu gewinnen.

Da der Urteer in der Literatur bereits an zahlreichen Stellen eingehend behandelt worden ist, genügt es, hier auf die wesentlichsten Punkte hinzuweisen[2]). Im allgemeinen hat Urteer einen höheren Heizwert als Kokereiteer. Maßgebend für seine Bewertung ist sein Gehalt an sogenanntem freiem Kohlenstoff. Dieser überschreitet bei nach dem Schwelverfahren von Fellner & Ziegler gewonnenem Urteer nicht die Grenzen, die für den praktischen Gebrauch als zulässig erkannt werden. Auch der Wassergehalt des Urteers, der mit dem Gehalt an sogenanntem freien Kohlenstoff im Zusammenhang steht, bleibt gleichfalls unter der für Wassergehalt zulässigen Grenze von 5 v. H. Der nach dem Verfahren von Fellner & Ziegler gewonnene Urteer stellt somit ein wertvolles Rohmaterial dar zur Verarbeitung auf flüssige Brennstoffe, namentlich Leichtöle für schwere Motoren, wie z. B. bei Kraftwagen, Traktoren usw., Treiböle für Dieselmotoren, sowie Heizöle für Kesselfeuerungen. Als Rückstand einer derartigen Rohurteeraufarbeitung verbleibt ein Leicht-, Mittel- oder Hartpech, das als Brikettpech in seiner Menge in den meisten Fällen ausreichen wird, den beim Schwelvorgang erzeugten Halbkoks zu brikettieren.

Die bei der Urteeraufarbeitung gewinnbaren Teerbenzine stellen nach entsprechender Behandlung ein gutes Motortreibmittel für leichte Motoren dar.

Das gleichzeitig bei der Verschwelung anfallende Schwelwasser kann weiteren Verwendungszwecken nicht zugeführt werden. Sein Ammoniakgehalt ist im Gegensatz zu dem des bei der Kokerei und dem Gasanstaltsbetrieb gewonnenen Teerwassers so gering, daß sich eine Aufarbeitung auf Ammoniak nicht verlohnt. Es hängt dies mit der niedrigen Temperatur bei der Verschwelung, bei der sich Ammoniak in genügender Menge nicht bilden kann, zusammen.

Die aus den entteerten hochwertigen Schwelgasen gewinnbaren Gasbenzine sind wegen ihrer niedrigen Siedepunkte gleichfalls wertvolle Treibstoffe für leichte Motoren. Aus den dann verbleibenden entbenzinierten Gasen wird als Gasbestandteil, wie schon vorher gesagt, das Gasol gewonnen. Gasol besteht zu etwa 40 bis 60 v. H. aus Äthylen und stellt verflüssigte Schwelgasbestandteile dar, die unter einem Druck von etwa 40 at in Stahlflaschen komprimiert in den Handel gebracht werden. Bei einem Heizwert von etwa 10 000 WE/kg oder 15 000 WE/m³ stellt es ein wertvolles Schneid- und Schweißgas dar und ist in dieser Hinsicht dem Azetylen überlegen, kann daher also an Stelle von Azetylen zur Verwendung gelangen.

Das nach der Gasolgewinnung verbleibende Gas, das sogenannte Restgas, mit einem Heizwert von etwa 5000 WE/m³ fällt in einer Menge von etwa 50—55 m³/t bei Steinkohle normaler

[1]) a. a. O.

[2]) Gesammelte Abhandlung zur Kenntnis der Kohle, Band 1—6. Franz Schütz: Veröffentlichungen in den Berichten der Deutschen Chemischen Gesellschaft, u. a.

Beschaffenheit an. Dieses Gas läßt sich als Aufbesserungsgas für arme Gase oder auch direkt als hochwertiges Leuchtgas oder Feuerungsgas für besondere industrielle Zwecke verwenden.

Die Wirtschaftlichkeit der Verschwelung ist von verschiedenen Faktoren abhängig, wobei in sehr hohem Maße die Art der Kohle und die lokalen Verhältnisse, insbesondere die Verwendungsmöglichkeit von Halbkoks und die Absatzmöglichkeit für die sonstigen Nebenprodukte zu berücksichtigen sind. Es ist aus diesem Grunde nicht möglich, allgemeine Richtlinien für die Wirtschaftlichkeit der Verschwelung anzugeben; diese muß vielmehr für jeden einzelnen Fall besonders untersucht werden. Um jedoch hierfür einen Anhalt zu geben, sei folgende Betrachtung angestellt:

Es sei angenommen, daß eine minderwertige feinkörnige Kohle verschwelt werden soll, und daß der Halbkoks je Gewichtseinheit nur denselben Wert haben soll wie die Rohkohle. Bei einer Halbkoksausbeute von 70 v. H. werden in einem solchen Falle, wirtschaftlich gesprochen, 70 v. H. der Rohkohle wiedergewonnen, so daß als Ausgabe bei der Verschwelung 30 v. H. des Rohkohlenpreises zu buchen sind. Zu diesen Kosten kommen die reinen Schwelkosten hinzu, die bei verschiedenen bereits geprüften Fällen einschließlich Amortisation und Verzinsung etwa M. 6,— je Tonne Rohsteinkohle betragen. Wird der Preis der angenommenen minderwertigen Rohkohle zu M. 6,— je Tonne angesetzt, so ergibt sich ein zu deckender Kohleverlust von M. 1,80, so daß sich die Schwelkosten in dem angenommenen Falle einschließlich Kohlenverlust auf rund M. 8,— stellen.

Diesen Ausgaben stehen die Einnahmen für die verschiedenen Nebenprodukte gegenüber, für die folgender Normalfall zugrunde gelegt werden soll:

6 v. H. Urteer, 1 v. H. Benzin, 65 m^3 Schwelgas mit etwa 6000 WE. Für Urteer sei der Preis von Kokereiteer, der augenblicklich 5 Pfg. je Kilo beträgt, für Benzin 40 Pfg. je Kilo, für Schwelgas 5 Pfg. je m^3 eingesetzt. Unter Zugrundelegung dieser Werte bliebe ein Gewinn je Tonne Kohle von rd. M. 2,—.

Die Verschwelung kann unter normalen Verhältnissen insbesondere dort wirtschaftlich sein, wo minderwertige Kohle zur Verfügung steht, die gegenüber dem zu erzeugenden Halbkoks in keiner Weise bessere Eigenschaften aufweist. Daneben gibt es auch Fälle, wo durch die Verschwelung eine ausgesprochene Veredlung der Kohle dadurch stattfindet, daß während des Schwelvorganges schädliche Bestandteile, wie beispielsweise Schwefel, aus der Kohle ausgetrieben werden.

Ein besonderer Fall liegt dort vor, wo der anfallende feste Rückstand nicht verwendet werden kann und trotzdem eine Wirtschaftlichkeit bedingt ist durch die außerordentlich hohe Ausbeute an Ölen. Es sind dies derartige Fälle, wo sehr hochbitumenhaltige Brennstoffe gleichzeitig einen sehr großen Aschengehalt aufweisen, der in dem anfallenden Halbkoks so stark ausschlaggebend ist, daß eine Verwendung dieses Produktes nicht in Frage kommen kann.

Schließlich ist eine Verschwelung von Brennstoffen dort unbedingt in Betracht zu ziehen, wo in dem bei der Schwelung anfallenden festen Rückstand ein hochwertiges Produkt gewonnen wird, also in solchen Fällen, wo aus Kohlen bestimmter Eigenschaften ein fester stückiger Halbkoks neben entsprechender Ausbeute an Ölen und wertvollen Gasen zu gewinnen ist.

Die Siemens-Hauszentrale

Von Ing. Walter Kraus der S. & H. A.-G. Wienerwerk und Ing. Hans Löwl der Öst. SSW. Wien.

(Schluß.)

Landhäuser, einsame Gutshöfe, Hotels und Wohnhäuser in kleinen Ortschaften, die weitab von den Straßen der Elektrizitätsversorgung liegen, können an elektrische Kraftzentralen häufig nicht angeschlossen werden, weil sich die Kosten für den Leitungsausbau zu hoch stellen würden. Eine Nachfrage nach Kleinzentralen besteht besonders im östlichen Europa und in den überseeischen Ländern.

Die „Siemens-Hauszentrale" bietet die Möglichkeit, elektrische Beleuchtung und Kraft im eigenen Hause jederzeit verfügbar zu haben. Diese Kleinzentrale erfüllt nachstehende Anforderungen:

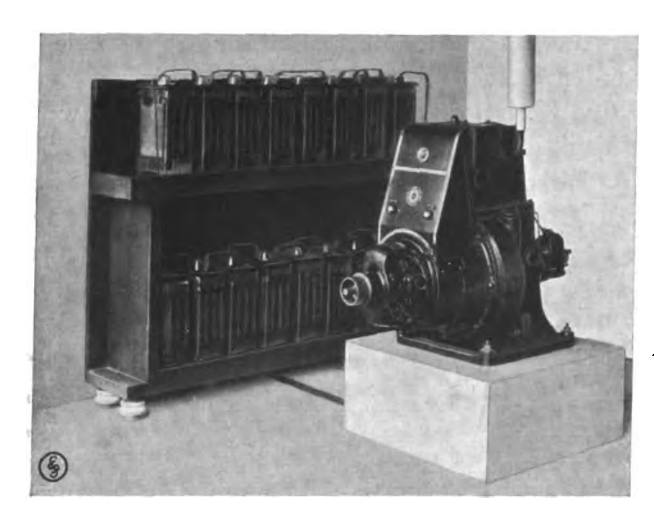


Bild 1. Hauszentrale.

1. Niedrige Anschaffungskosten.
2. Einfachste Inbetriebsetzung und geringe Wartung.
3. Hohe Wirtschaftlichkeit.
4. Unabhängigkeit der Netzversorgung vom Ladezustand der Batterie.
5. Möglichkeit der Abgabe mechanischer Energie durch die Maschine zum Antrieb von Arbeitsmaschinen.

Bild 2. Längsschnitt durch die Maschine.

Die „Siemens-Hauszentrale" besteht aus einem Viertaktmotor mit Dynamo und einer Akkumulatorenbatterie.

Bild 1 zeigt die Zentrale. Die Antriebsmaschine ist ein luftgekühlter Benzin- oder Petroleummotor, an den eine 4 polige Gleichstromdynamo von etwa 1,5 kW Leistung angeflanscht ist. Auf dem Gehäuse ruht ein Schaltkasten, der in völlig verdeckter Anordnung die Steuerorgane für den elektrischen Betrieb enthält.

Der Antriebsmotor (den Bild 2 im Schnitt darstellt) ist eine Einzylinder-Maschine von etwa 3 PS Dauerleistung. Die Zylinderabmessungen sind: Bohrung 70 mm, Hub 100 mm. Die zur Kühlung der Maschine notwendige Luft liefert ein kräftiger, auf der Kurbelwelle des Motors sitzender Ventilator. Die Kühlluft wird durch die Dynamo hindurch angesaugt und an den Wandungen des Zylinders vorbei oben aus dem Motor ausgeblasen.

Das in Grauguß ausgeführte Kurbelgehäuse umschließt alle umlaufenden Motorteile und ist gleichzeitig als Grundplatte ausgebildet. Die Kurbelwelle ist durch Schwungscheiben ausbalanciert und in Rollen gelagert. Ebenso läuft die Pleuelstange in einem Doppel-Rollenlager.

Die Ventile sind hängend im Zylinder angeordnet und werden durch freiliegende Stoßstangen mittels der am Zylinder angebrachten Schwinghebel von einer im Kurbelgehäuse lagernden Nockenwelle gesteuert. Der Antrieb der Nockenwelle erfolgt durch Schraubenräder unmittelbar von der Kurbelwelle aus.

Durch eine Schleuderschmierung werden die umlaufenden Teile des Motors mit Öl versorgt. Auf der Kurbelwelle ist ein Fliehkraftregler angeordnet. Dieser wirkt auf die Drosselklappe des Vergasers, so daß die Drehzahl der Maschine in weiten Belastungsgrenzen konstant gehalten wird. Die normale Drehzahl ist 1500 in der Minute.

Der Vergaser (Bauart „Sum") für leichtflüchtige Brennstoffe (wie Benzin, Benzol und Lampenpetroleum) stellt das zur Verbrennung nötige Gemisch her. Ein besonderer Vorteil dieses Vergasers liegt in der leichten Einstellbarkeit des

Brennstoffzuflusses und seiner Anpassungsfähigkeit an Betriebsmittel verschiedenen spezifischen Gewichtes.

Der Brennstoff fließt dem Vergaser aus einem Behälter zu, der auf Auslegern der Kühllufthaube gelagert ist. Die Maschine ist mit einer eigenen, von der Kurbelwelle angetriebenen Zündmaschine ausgestattet. Die im Zündapparat erzeugte Hochspannung wird durch ein Kabel der dreipoligen Siemens-Zündkerze zugeführt.

Die Gleichstromdynamo von 1,5 kW ist an das Kurbelgehäuse des Motors angeflanscht und mit Wendepolen und einer Spezialwicklung ausgestattet. Die Wicklungsanordnung ist aus Bild 3 zu erkennen. Den Anker des Generators verbindet eine starre Flanschkupplung mit der Kurbelwelle des Motors. Zwischen Motor und Dynamo ist ein Kugellager angeordnet.

Eine auf die verlängerte Generatorwelle aufgesetzte Riemenscheibe ermöglicht die Abgabe von mechanischer Energie an Arbeitsmaschinen, wie Pumpen, Kreissägen usw.

Der Schaltkasten, der auf dem Generator festgeschraubt ist, enthält einen Walzenschalter, einen Rückstromautomaten, Sicherungen, 2 Druckknöpfe und Anschlußklemmen. Von der Anordnung empfindlicher Meßinstrumente ist vollständig Abstand genommen. Die Bedienung der elektrischen Anlage beschränkt sich auf die Betätigung des Walzenschalters und der beiden Druckknöpfe.

Die Schaltanordnung schließt eine der Anlage schädliche Bedienung aus, so daß auch Personen an die Kleinzentrale gestellt werden können, denen jede Fachkenntnisse fehlen.

Der Walzenschalter, der die Verbindung des Generators mit der Batterie und dem Netz schließt, ist durch einen abnehmbaren Vierkantsteckschlüssel zu betätigen. Dieser Hauptschalter besteht aus einer gepreßten Walze von Isoliermaterial und einer an deren Umfang angebrachten versenkten Metallabwicklung. Als Stromzuführungen dienen kräftige federnde Hämmer. Ein Zeiger läßt auf einem Schriftring die vier Stellungen „Aus" — „Anlassen und Laden" — „Riementrieb" — „Entladung" erkennen.

Ein Selbstschalter schützt die Maschine gegen Rückstrom aus der Batterie. Er besteht aus einem Elektro-Magnetsystem mit einer Strom- und einer Spannungswicklung. Durch Niederdrücken eines der beiden aus dem Schaltkastendeckel ragenden Druckknöpfe, der mit der Aufschrift „Anlassen" gekennzeichnet ist, wird der Selbstschalter eingelegt und der Batteriestromkreis über den Anker des Generators geschlossen, so daß dieser als Anwurfmotor wirkt. Das Stillsetzen des Aggregates wird durch Betätigung des zweiten mit „Abstellen" bezeichneten Knopfes, der die Motorzündung kurzschließt, eingeleitet.

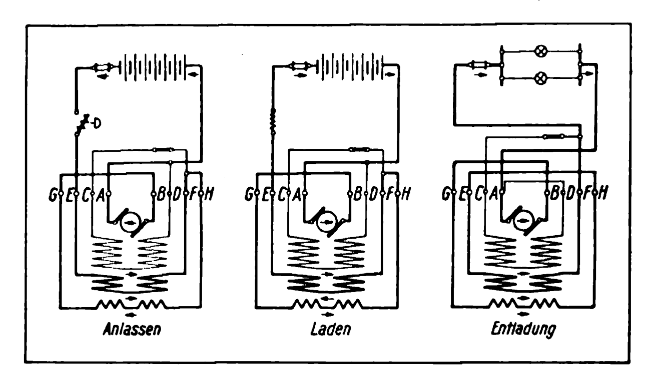


Bild 3. Schaltbilder.

Zum Schutz gegen unzulässige Belastungen der Stromkreise sind leicht auswechselbare Streifensicherungen vorgesehen, die sich auch nicht bei den leichten Erschütterungen, die durch den Lauf des Motors entstehen, selbsttätig lösen können.

Die Betriebsarten des Maschinensatzes in den einzelnen Stellungen des Hauptschalters werden nachstehend kurz beschrieben. Eine übersichtliche Zusammenstellung gibt Bild 4. In Bild 5 ist die vollständige Schaltung der Anlage dargestellt.

In der Stellung „Aus" des Hauptschalters sind alle Stromkreise zwischen Maschine, Batterie und Netz unterbrochen. Der Motor kann mechanisch durch Abziehen eines Anwurfriemens, der über die Riemenscheibe gewickelt ist, in Betrieb gesetzt werden. Das Stillsetzen der Maschine erfolgt durch Drücken auf den mit „Abstellen" bezeichneten Druckknopf oder durch Schließen des Brennstoffhahnes. Die Felderregung des Generators ist in der „Aus"-Stellung des Hauptschalters unterbrochen.

In der Hauptschalterstellung „Anlassen und Laden" wird durch Drücken auf den Anlaßdruckknopf der Benzinmotor von der Batterie aus elektrisch angeworfen, wobei die Dynamo als Compoundmotor wirkt. Setzen die Zündungen des Benzinmotors ein, so daß er mechanische Energie an

die Dynamo abgibt, wandelt sich der Compoundmotor in einen Gegencompound-Generator um und beginnt als solcher die Ladung der Akkumulatorenbatterie. Der Ladebetrieb geht völlig selbsttätig vor sich, indem durch besondere Bemessung der Wicklungen des Generators bei steigender Batteriespannung und fortschreitender Ladung die Ladestromstärke sinkt, derart, daß die Leistung des Benzinmotors während der ganzen Dauer der Batterieladung unverändert bleibt. Man erreicht hierdurch bei möglichster Schonung der Batterie die kürzeste Ladedauer.

Das Oszillogramm Bild 6 zeigt den Strom- und Spannungsverlauf beim elektrischen Anwerfen eines 32 V-Aggregates. Die Stromspitze beim Schließen des Selbstschalters erreicht etwa 70 A. Dieser Entladestoß dauert jedoch nur den Bruchteil einer Sekunde. Die zur Hauszentrale gelieferte Akkumulatorenbatterie mit Übergang aus dem Motor- in den Generatorzustand erkennen. Die untere Kurve in Bild 6 zeigt den Spannungsverlauf während des Anwerfens. Sobald die Zündungen an dem Benzinmotor einsetzen, was nach etwa $^1/_2$—2 Sekunden der Fall ist, übernimmt dieser den Antrieb der bisher als Anwurfmotor arbeitenden elektrischen Maschine. Bild 7 zeigt ein Kurvenbild des Ladebetriebes einer 32 V-Anlage, und zwar die Ladespannung, ferner die Ladestromstärke als Funktion der Zeit.

Durch Drücken des Abstelldruckknopfes wird der Unterbrecher des Zündmagneten kurzgeschlossen und hierdurch der Benzinmotor stillgesetzt. Der Selbstschalter öffnet sich, wenn der Ladestrom durch Null hindurchgeht. Schädlicher Rückstrom von der Akkumulatorenbatterie in die Maschine wird hierdurch vermieden.

In der Hauptschalterstellung „Riementrieb“

Hauptdrehschalter	Aus	Anlassen und Laden	Riemenantrieb	Entladung
Anlaßdruckknopf	unwirksam	wirksam	unwirksam	unwirksam
Abstelldruckknopf	wirksam	wirksam	wirksam	wirksam
Merklampe	dunkel	hell	dunkel	hell
—	Riemenantrieb möglich Anlassen in Stellung: Laden	—	Anlassen in Stellung: Laden	— Anlassen in Stellung: Laden
Schaltschema	Alles abgeschaltet.	Anlaßdruckknopf drücken! Ladung mit gegencompoundierter Maschine. Abstellen nach Erreichen der Endspannung durch Abstelldruckknopf.	Transmissionsbetrieb und gleichzeitiger Lichtbetrieb von Batterie. Maschine unerregt.	Kraftbetrieb mit compoundierter Maschine auf das Kraftnetz oder Notbetrieb nach Umklemmung auf das Lichtnetz (bei defekt. Batterie). Lichtbetrieb normal von Batterie.

L = Licht; B = Batterie; M = Maschine; K = Kraftnetz.

Bild 4. Zusammenstellung der Wirkungsweise in den vier verschiedenen Schalterstellungen.

Groß-Oberflächenplatten ist geeignet, diesen kurzen Anlaßstrom zu ertragen, ohne Schaden zu nehmen. Das Oszillogramm läßt auch den ist Energieabgabe durch die am Wellenende aufgesetzte Riemenscheibe an eine Transmission oder an Arbeitsmaschinen möglich. Der Generator

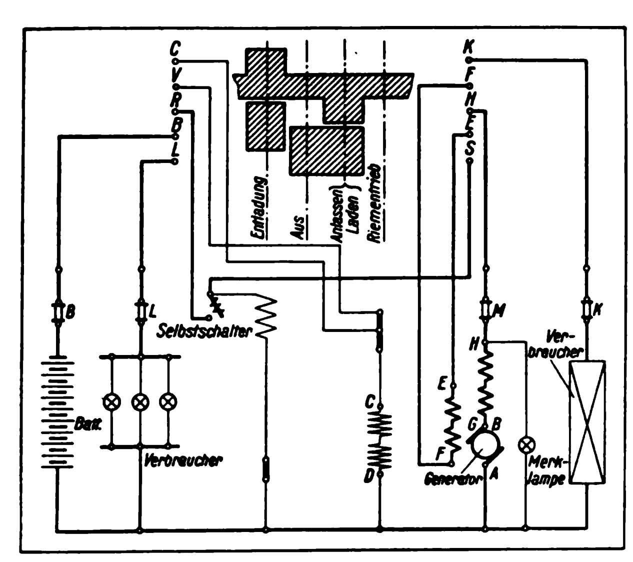


Bild 5. Abwicklung der Schaltwalzen.

ist abgeschaltet, seine Feldwicklung ist unterbrochen, damit beim Lauf des Benzinmotors der Generator unerregt bleibt. Das Lichtnetz der Anlage steht in direkter Verbindung mit der Akkumulatorenbatterie, kann also durch Lampen und sonstige Stromverbraucher belastet werden.

Die Hauptschalterstellung „Entladung" gestattet die direkte Speisung des Lichtnetzes von der Batterie wie in der Stellung „Riementrieb". Ein etwa vorhandenes Kraftnetz zur Stromlieferung an Hauswasserpumpen, Motoren usw. kann ferner gleichzeitig vom laufenden Aggregat aus gespeist werden. Der Generator arbeitet dann als Compoundmaschine und gibt eine Leistung von 1,5 kW ab, so daß Motoren oder sonstige Stromverbraucher, die mehr Energie benötigen, als die Batterie liefern kann, in dieser Hauptschalterstellung betrieben werden. Der Generator stellt sich auf normale Netzspannung selbstätig ein,

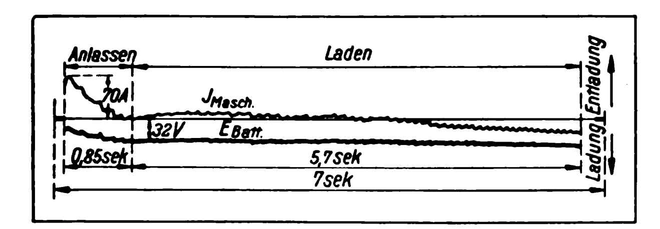


Bild 6. Oszillogramm des Anlaßvorgangs.

so daß bei schadhafter Akkumulatorenbatterie durch einfaches Umklemmen der Leitungen auch das Lichtnetz direkt von der laufenden Maschine mit Strom versorgt werden kann. Das Kurvenbild 8 zeigt den Verlauf der Klemmenspannung der Maschine in Abhängigkeit von der Belastung des Netzes.

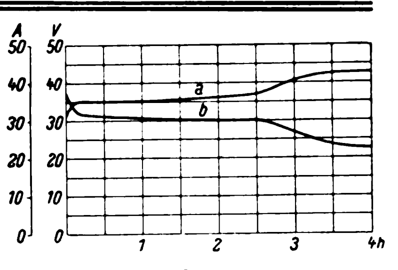


Bild 7. Strom- und Spannungsverlauf während des Ladevorgangs.

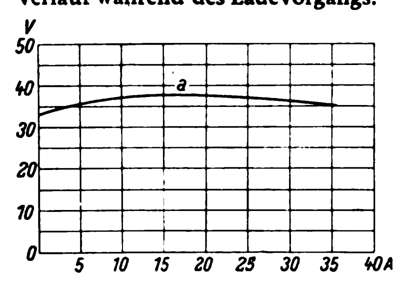


Bild 8. Spannungsverlauf bei direkter Netzspeisung durch die Maschine.

Das elektrische Anwerfen des Benzinmotors in den Schalterstellungen „Aus", „Entladung" und „Riementrieb" ist in einfachster Weise durch vorheriges Schalten auf die Stellung „Anlassen und Laden" und Drücken des Anlaßdruckknopfes vorzunehmen, worauf der Hauptschalter in die gewünschte Betriebsstellung zu drehen ist. Die vorstehend beschriebene Schaltung ist zum Patent angemeldet.

Die „Siemens-Hauszentrale" wird für Lampenspannungen von 32 V und 65 V gebaut. Hierfür werden Akkumulatorenbatterien der Typen K 3 bzw. K 2, Erzeugnisse der Akkumulatorenfabrik A.-G., in besonderer Ausführung für Eigenmontage geliefert.

Die Höchstzahl der anzuschließenden Lampen bzw. die Höhe der Belastung des Maschinensatzes betragen etwa:

A. Bei 32 V Lampenspannung:
- a) bei Speisung des Netzes durch die Batterie: bis zu 25 Metallfadenlampen zu 25 HK_0;
- b) bei Speisung des Netzes unmittelbar durch die Maschine: höchstens 60 Metalldrahtlampen zu 25 HK_0 oder Verbraucher von höchstens 48 A.

B. Bei 65 V Lampenspannung:
- a) Speisung des Netzes durch die Batterie: bis zu 40 Lampen zu 25 HK_0;
- b) Speisung des Netzes unmittelbar durch die Maschine: höchstens 90 Lampen zu 25 HK_0 oder Verbraucher von höchstens 25 A.

Der „Siemens-Hauszentrale" wird ein mit Werkzeugen und Ersatzteilen versehener tragbarer

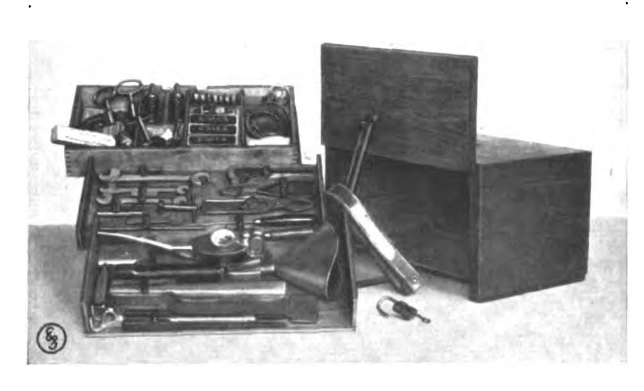


Bild 9. Werkzeugkasten.

Kasten beigegeben, den Bild 9 in geöffnetem Zustande zeigt. Die Auswahl der Werkzeuge wurde so getroffen, daß die dem Verschleiß unterliegenden Teile des Maschinensatzes ausgebaut und leicht ersetzt werden können.

Der Betrieb des Motors mit Lampenpetroleum wird durch die Anbringung einer Zusatzeinrichtung, bestehend aus einem Anlaßbenzingefäße, einer besonderen Benzinanlaßdüse im Vergaser und einem Luftvorwärmer samt Zuleitung für die Verbrennungsluft möglich.

Der Brennstoffverbrauch des Maschinensatzes ist bei Verwendung von Benzin etwa 600 bis 620 g für die erzeugte Kilowattstunde, hingegen bei Lampenpetroleum etwa 650—700 g für die erzeugte Kilowattstunde.

Für den Betrieb von Kinos, die Beleuchtung von Baustellen, das Laden von Akkumulatorenbatterien usw. können die Maschinen mit Nebenschlußgenerator für $1^1/_2$ kW Leistung bei 65 V oder 110 V versehen werden. Die Schalttafel samt erforderlichen Meßgeräten, Schaltern, Sicherungen und Nebenschlußregler wird getrennt vom Aggregat angeordnet.

Zusammenfassung. Die „Siemens-Hauszentrale" dient vornehmlich für die Versorgung von Landhäusern, Gutshöfen, Villen mit eigener elektrischer Energie. Die Bauart des zur Zentrale gehörigen Maschinensatzes erfordert nur die denkbar einfachste Bedienung und schließt schädliche Bedienungsfehler aus. Auf die vielseitige Verwendungsmöglichkeit der Anlage wurde beim Bau des Maschinensatzes besonders Rücksicht genommen. Durch Aufstellung einer eigenen Akkumulatorenbatterie ist ruhiges Licht gewährleistet und eine Reserve bei etwaigen Störungen des Maschinensatzes geschaffen. Bei Störungen der Akkumulatorenbatterie gestattet der Maschinensatz unmittelbare Netzspeisung.

Betriebsmäßige Untersuchungen am Seil von Förderanlagen mit Hilfe des Schachtprüfers

Von Dipl.-Ing. W. Heilmann.

Das Auftreten von Seilschwingungen in Förderanlagen und die Möglichkeit eines Einflusses auf die Betriebssicherheit der Anlage wurde schon vor längerer Zeit in einzelnen theoretischen Arbeiten[1]) erörtert. Es fehlte aber an einem Hilfsmittel, mit Sicherheit festzustellen, wann Schwingungen in Wirklichkeit auftreten und in welchem Maße sie sich geltend machen. Daher kam es auch, daß man diesen Schwingungen lange nicht die nötige Beachtung schenkte und sich damit begnügte, Aufzugs- und Förderseile rein statisch zu berechnen und nur einen möglichst hohen Sicherheitsgrad für das Tragen der ruhenden Last zu fordern. Ein allmählicher Wandel in diesen Anschauungen trat erst ein, als es mit Hilfe des Siemensschen Vertikal-Beschleunigungsmessers (Schachtprüfers) nach Jahnke-Keinath möglich geworden war, die Beschleunigungsvorgänge am Förderseil während des Betriebes in einwandfreier Weise aufzuzeichnen und sie dann an Hand der Kurvenbilder eingehend zu studieren.

Bauart und Wirkungsweise sind in dieser Zeitschrift[1]) schon beschrieben. Hier sei nur kurz erwähnt, daß der Vertikal-Beschleunigungsmesser, der starr im Förderkorbe oder besser noch am Seil selbst, unmittelbar über der Seilklemme, befestigt ist, die Intensität der Geschwindigkeitsänderung angibt, also sowohl Zunahme der Geschwindigkeit (Beschleunigung) als auch Abnahme (Verzögerung oder negative Beschleunigung), und zwar nicht nur jene Geschwindigkeitsänderungen, die das gesamte Förder-

[1]) Vgl. z. B. Stör, Seilspannungen und -schwingungen bei Beschleunigungsänderungen des Schachtförderseiles, Österr. Ztschr. für Berg- und Hüttenwesen 1909.

Heilandt, Ein Beitrag zur Berechnung der Drahtseile unter Berücksichtigung der Seilschwingungen, Berlin 1916.

[1]) Siemens-Zeitschrift 1922, Heft 7, S. 332.

system durch den Maschinenantrieb erfährt (Anfahrbeschleunigung und Auslaufverzögerung), sondern auch alle Beschleunigungen, die der Aufhängepunkt infolge der Schwingungsbewegungen des elastischen Seiles bekommt. Diese Schwingungsbewegung ist recht verwickelt: Über die verhältnismäßig einfach gestaltete Kurve der Systembeschleunigung lagern sich noch weitere Kurven, die im einzelnen auf die verschiedensten Ursachen zurückzuführen sind. Dabei sind folgende Schwingungsarten zu unterscheiden.

Erstens führt das durch Korb und Nutzlast mehr oder weniger stark belastete elastische Seil Eigenschwingungen aus. Da sich die Seillänge während des Zuges ständig ändert, ändert sich auch die Eigenfrequenz — das ist die Schwingungszahl in der Sekunde — des Schwingungssystems (Seil und Korb) während der Zugdauer nach bekannten physikalischen Gesetzen. Angenähert ist die Eigenschwingungsfrequenz bei gleicher Korblast umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der Seillänge.

Zweitens werden diesem „Lotpendel“ von außen her eine ganze Reihe fremder Schwingungen aufgeprägt, so bei Dampfmaschinenantrieb solche von der Periode der Treibscheiben- oder Trommeldrehung, entsprechend dem bei jeder Umdrehung rhythmisch anwachsenden und abfallenden Tangentialdruck des Kurbeltriebes. Aber auch bei dem praktisch völlig gleichmäßigen Drehmoment der großen langsam laufenden Drehstrommotoren von Ilgner- und Leonard-Anlagen kommt es vor, daß dem Seil Schwingungen von der Periode der Treibscheibenumdrehung aufgeprägt werden[1]), nämlich dann, wenn der Holzbelag der Koepescheibe unrund ist. Dann wirkt periodisch auf das Seil eine Zugspannung und sucht es bei jeder Umdrehung von neuem in Längsschwingungen zu versetzen.

Drittens laufen bei stoßartigen Geschwindigkeitsänderungen, die von einem Anecken des Korbes an die Schachtführungen oder auch von der Maschine verursacht sein können, durch das Seil Dehnungswellen, die an den Endpunkten — Seil- oder Treibscheibe und Seilklemme — zurückgeworfen werden und dabei auf diese kurze Beschleunigungsstöße ausüben. Während bei den

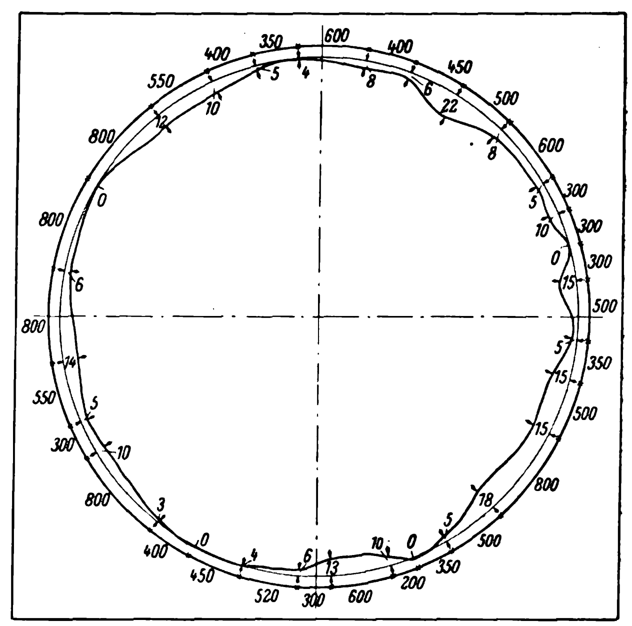


Bild 1. Unrunde Koepescheibe. Die Abweichungen vom Umfangskreis sind der Deutlichkeit halber in zehnfach vergrößertem Maßstabe eingetragen.

beiden zuerst angeführten Seilschwingungen, die sich in dem bekannten „Tanzen“ der Körbe äußern, mit großer Annäherung alle Teile des Seiles zu gleichen Zeiten auch gleiche Bewegungsrichtung haben und dabei gleiche spezifische Dehnungen erleiden, durchlaufen die Dehnungswellen das Seil mit großer Geschwindigkeit bis zu den Einspannpunkten und wieder zurück. Dabei ist es dann besonders den großen Seilklemmen infolge ihrer Massenträgheit nicht möglich, diesen schnell verlaufenden Schwingungen zu folgen. Die Seilklemmen bilden dann gleichsam einen Amboß, auf den die Dehnungswelle aufprallt. Es findet dabei gewissermaßen ein Aufstauchen des Seiles an der Eintrittsstelle in die Keile der Klemmvorrichtung statt.

Alle erwähnten Schwingungen lagern sich übereinander und stören sich oft gegenseitig in ihrer Ausbildung. Besondere Aufmerksamkeit verdient — wie bei allen Schwingungserscheinungen in der Technik — das Auftreten einer eigenartigen Erscheinung, der Resonanz, hier der Seilschwingungsresonanz. Sie ist am schwingenden Förderseil vor der Erfindung des Vertikal-Beschleunigungsmessers noch nie untersucht worden, weil es eben kein Instrument gab, sie messend zu verfolgen, ihre Entstehungsursachen aufzuklären und Mittel anzugeben, wie die bei ihrem Auftreten dem Seil drohenden Gefahren vermieden

[1]) Jahnke-Heilmann, Prüfung von Seil und Treibscheibe während der Betriebsfahrt auf den Kalizechen Volkenroda und Pöthen, Kali, 1921 S. 229.

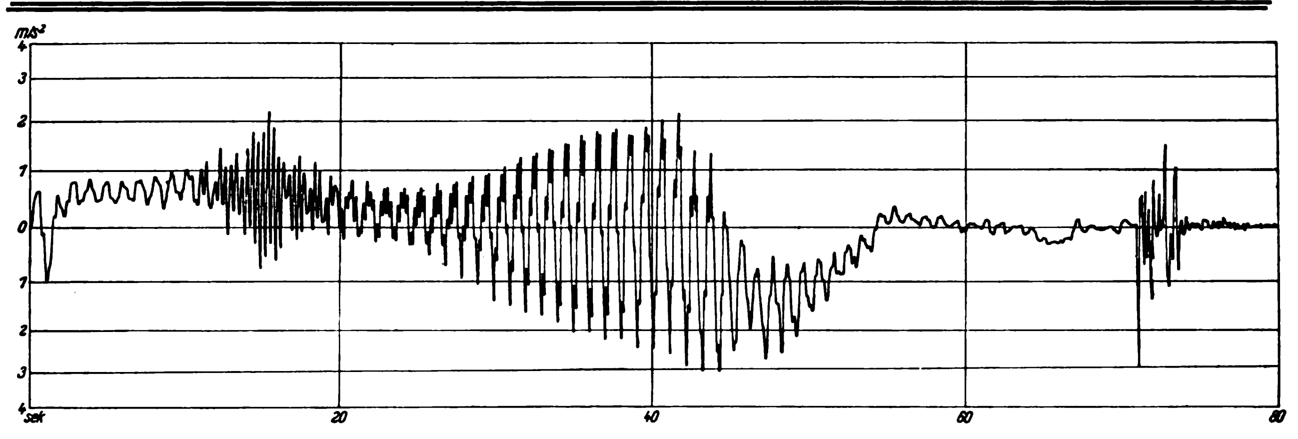


Bild 2. Thiederhall, Nordkorb abwärtsfahrend, zwei leere Wagen abwärts, zwei volle aufwärts, unrunde Koepescheibe; Geschwindigkeit 14 m/s. Zwischen der 20. und 40. Sekunde entwickeln sich ausgesprochene Resonanzschwingungen zu beträchtlichen Ausschlägen.

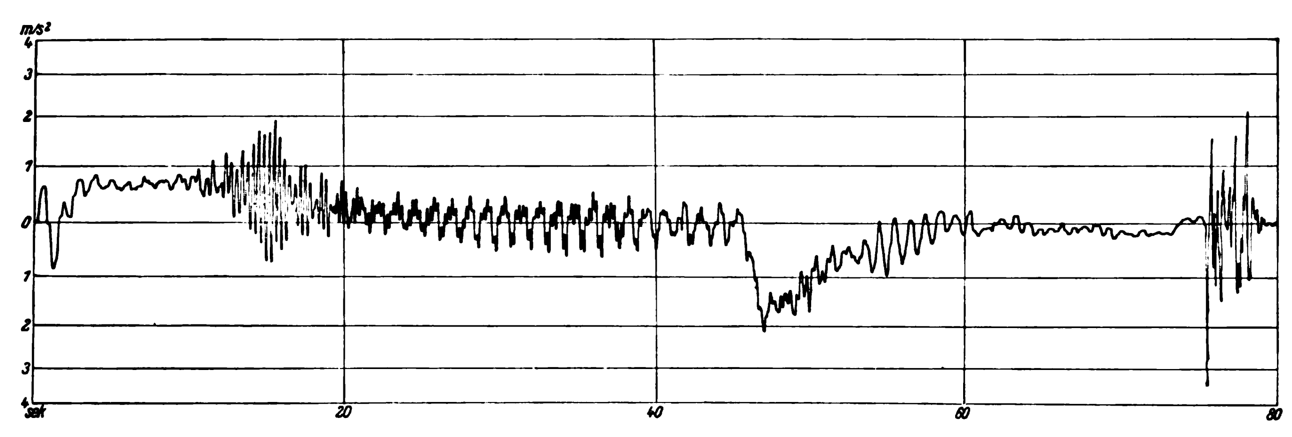


Bild 3. Thiederhall, Nordkorb abwärtsfahrend, zwei leere Wagen abwärts, zwei volle aufwärts, unrunde Koepescheibe, Geschwindigkeit 13 m/s. Die durch die Scheibe dem Seil aufgeprägten Schwingungen sind deutlich bemerkbar, entwickeln sich aber nicht bis zu den Ausschlägen wie bei 14 m/s Geschwindigkeit.

werden können. Es wurde schon darauf hingewiesen, daß die Eigenfrequenz des elastischen Seiles, das stets Längsschwingungen ausführt, veränderlich ist. Sie beträgt beispielsweise 2, wenn sich der Korb an der Hängebank dagegen 0,5, wenn er sich am Füllort befindet. Die Zahl der Schwingungen in der Sekunde wird also während einer Abwärtsfahrt immer kleiner. Andererseits ist auch die Frequenz der von der Maschine her — etwa auf Grund einer Unrundheit des Treibscheiben-Holzbelags — dem Seil aufgeprägten Schwingungen veränderlich, und zwar im Verhältnis der Fahrgeschwindigkeit. Bei gleichmäßiger Anfahrbeschleunigung steigt die Frequenz dieser Schwingungen gleichmäßig auf einen Höchstwert an, behält diesen während des Gleichlaufes bei und fällt dann beim Auslauf wieder auf Null ab. Stimmt nun zeitweilig die aufgeprägte Schwingung mit der Eigenschwingung in Frequenz und Phase überein, so ergibt sich der Fall der Resonanz: die Eigenschwingung wird durch die aufgeprägte immer mehr verstärkt, die Schwingungsweiten wachsen ständig an, und wenn der Zustand längere Zeit — einige Sekunden oder mehr — anhält, kann er zu einer gefahrbringenden Überbeanspruchung des Seiles führen. Es ist das jene Erscheinung, die man bei umlaufenden Maschinen mit dem Begriff der „kritischen Drehzahl" verbindet.

Schon sehr bald nach der Einführung des Vertikal-Beschleunigungsmessers konnte man bei Untersuchungen von Förderanlagen feststellen, daß solche Resonanzschwingungen auftraten und daß die Beschleunigungen hierbei ganz unerwartet hohe Werte — zum Teil nahezu den der Fallbeschleunigung — erreichten. Heute liegt eine große Zahl von Beobachtungen vor, aus denen der Einfluß dieser Schwingungen auf die Beanspruchung des Seiles hervorgeht. Sind sie aber einmal erkannt, so ist es auch möglich, durch

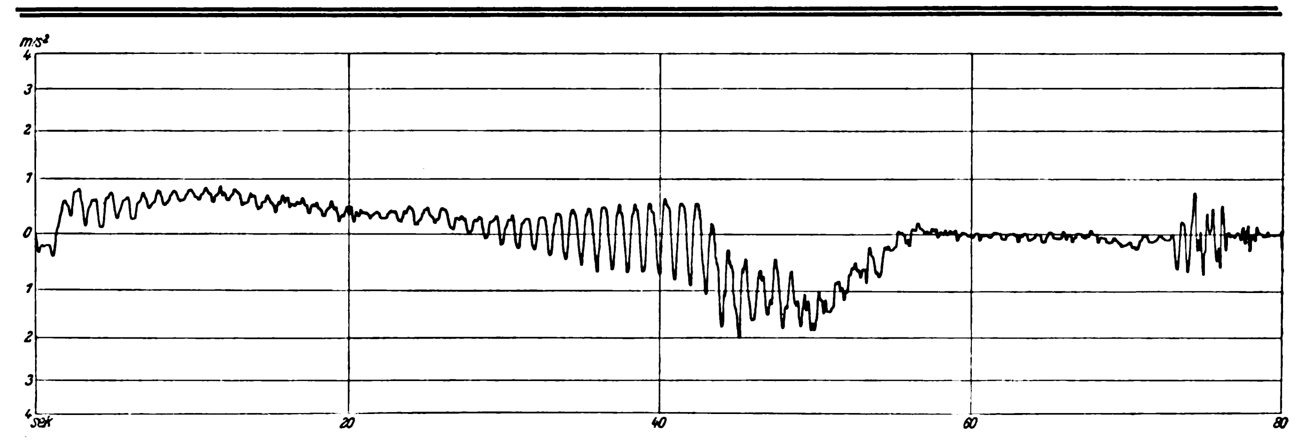


Bild 4. Thiederhall, Nordkorb abwärtsfahrend, zwei leere Wagen abwärts, zwei volle aufwärts, Koepescheibe abgedreht, Geschwindigkeit 14 m/s. Zwischen der 20. und 40. Sekunde entwickeln sich Resonanzschwingungen, aber in weit geringerem Maße als bei der Fahrt mit unrunder Koepescheibe.

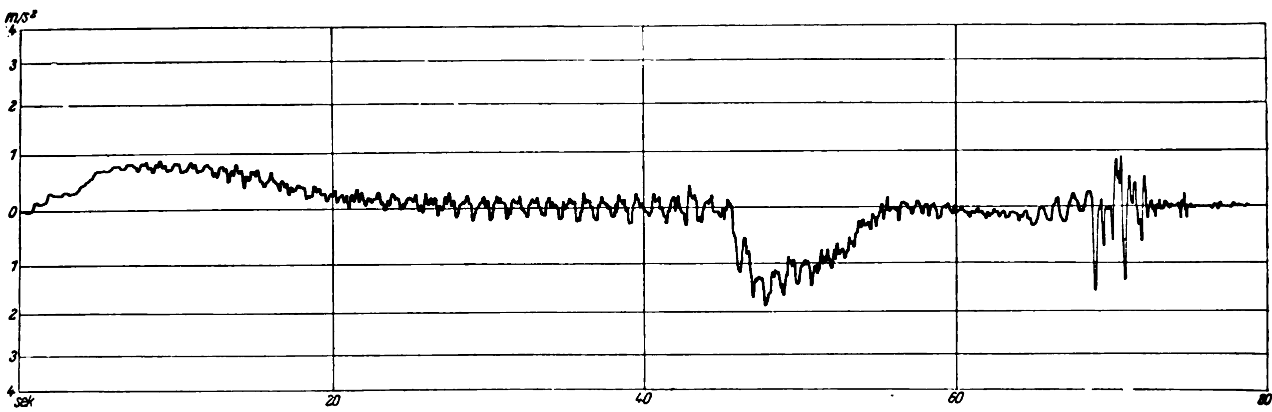


Bild 5. Thiederhall, Nordkorb abwärtsfahrend, ein voller, ein leerer Wagen abwärts, zwei volle aufwärts, Koepescheibe abgedreht, Geschwindigkeit 13 m/s. Schwingungen mit nennenswerten Ausschlägen treten überhaupt nicht mehr auf.

entsprechende Maßnahmen zu verhüten, daß Schwingungen in gefahrdrohendem Ausmaße zustande kommen. Man wird vor allem zu erreichen suchen, daß dem Seil möglichst wenig Schwingungen aufgeprägt werden, die mit der Eigenschwingung des Seils in Resonanz kommen könnten. Man muß also z. B. darauf sehen, daß der Holzbelag der Treibscheibe rund ist und muß ihn im gegebenen Fall abdrehen. Außerdem kann man die Fördergeschwindigkeit so wählen, daß entweder die „kritische Drehzahl" überhaupt nicht erreicht wird oder Resonanz nur während so kurzer Zeit besteht, daß sich kräftige Schwingungen nicht ausbilden können.

Von welch großem Einfluß der Zustand der Treibscheibe und die Fördergeschwindigkeit auf das Zustandekommen von Seilschwingungen sind, zeigen die hier wiedergegebenen Diagramme, die mehreren Versuchsreihen auf der Koepeförderanlage Schacht II der Alkaliwerke Ronnenberg, Zweigniederlassung Thiederhall, entnommen sind. Beim Öffnen der Seilklemme hatte sich gezeigt, daß zahlreiche Drähte des Seiles an der Eintrittsstelle des Seiles in die Stahlkeile gebrochen waren. Da die Prüfung des Drahtes auf Zugfestigkeit und Biegefähigkeit durchaus befriedigende Ergebnisse hatte, mußte die Ursache für die Drahtbrüche in den Betriebsbedingungen der Förderanlagen gesucht werden, und die Vermutung lag nahe, daß im Seil starke, und zwar durch eine Unrundheit des Koepescheiben-Holzbelags angeregte Längsschwingungen auftraten. Die Tiefe der Seilscheibenrille wurde nachgemessen. Das Ergebnis ist in Bild 1 dargestellt, worin die Abweichungen der Rille vom Umfangskreis in zehnmal größerem Maßstab eingetragen sind. Zum Nachweis der Seilschwingungen wurden dann Messungen der Beschleunigungen bei Zügen mit verschiedener Belastung der Körbe und bei verschiedenen Fahrgeschwindigkeiten ausgeführt,

wobei der Vertikalbeschleunigungsmesser starr am Seil und unmittelbar über der Seilklemme des Förderkorbes befestigt war. Bild 2 zeigt eine der aufgenommenen Kurven bei der im Schacht üblichen Fördergeschwindigkeit, nämlich 14 m in der Sekunde. Auf den ersten Blick fallen hier die außerordentlich starken Schwingungen auf, die etwa nach der 20. Sekunde einsetzen und während der nun folgenden 20 Sekunden immer stärker werden. Sie überlagern die Kurve der Maschinenbeschleunigung, die man theoretisch aus dem Diagramm erhält, wenn man die Halbierungspunkte der einzelnen Schwingungen miteinander verbindet. Auf diese Kurve soll hier nicht näher eingegangen werden, sondern nur auf die Ausbildung der eigenartigen Seil-Resonanzschwingungen.

Aus den Beschleunigungs-Zeitdiagrammen läßt sich erkennen, daß die Eigenschwingungsfrequenz des Systems (Seil und Fördergestell) für die größte Seillänge, also wenn sich der Korb am Füllort befindet, etwa gleich einer Periode in der Sekunde ist. Fährt die Maschine mit der auf der Förderanlage für Lastzüge vorgesehenen Höchstgeschwindigkeit von 14 m in der Sekunde, so bringt es der Zufall mit sich, daß auch die Treibscheibe in der Sekunde gerade eine Umdrehung macht, weil ihr Durchmesser 4,5 m, der Scheibenumfang also $4{,}5\,\pi$ m oder ungefähr 14 m ist. Ist nun die Treibscheibe in der Holzrille merklich unrund, so entspricht die Frequenz der dem Seil aufgeprägten Schwingung bei 14 m/s Fahrgeschwindigkeit um so mehr der der Eigenschwingung des Seiles, je mehr sich der Korb dem Füllort nähert. Dadurch sind die Bedingungen für das Auftreten von Resonanzerscheinungen erfüllt. Bei jeder Treibscheibenumdrehung wird sich die Eigenschwingungsweite des Seiles durch den neu zugeführten Schwingungsimpuls vergrößern, die Schwingungsweiten müssen also bei der Abwärtsfahrt ständig wachsen. Auf Bild 2 zeigt sich diese Erscheinung zwischen der 20. und 40. Sekunde in typischer Weise. Zwischen der 10. und 20. Sekunde liegt ein weiteres Gebiet unverkennbarer Resonanzschwingungen, bei dem drei volle Schwingungsperioden auf eine Sekunde kommen. Ähnliche Resonanzschwingungsbilder findet man im Anlauf auf den meisten Förderanlagen. Das erklärt sich dadurch, daß während des Anlaufs einige Sekunden lang ein Vielfaches der Drehzahl der Maschine mit der bei kurzer Seillänge ja höheren Eigenfrequenz des Seiles zusammentrifft. Da sich jedoch während des Anlaufs die Drehzahl der Maschine rasch ändert, kann sich die Rezonanzschwingung nicht in so gefährlicher Weise wie bei der schon beschriebenen Haupt-Resonanzerscheinung ausbilden und ebbt bald ab.

Bemerkt sei noch, daß die auf Bild 2 und auch auf den folgenden Bildern dargestellten Schwingungen keine einfachen, sondern zusammengesetzte Sinusschwingungen sind. Das hat seinen Grund darin, daß die Treibscheibe der Anlage nicht nur an einer Stelle, sondern an mehreren in erheblichem Maße unrund ist. Jeder der Höcker des Holzbelages für sich gibt Anlaß zu aufgeprägten Schwingungen; doch herrscht als Hauptperiode die einfache Drehzahl der Treibscheibe.

Bild 3 zeigt ein Diagramm, das bei einem Lastzuge mit einer Höchst-Fördergeschwindigkeit von 13 m/s aufgenommen ist. Während die Maschinenbeschleunigung in gleicher Weise verläuft wie bei dem vorher besprochenen Zuge und auch die Resonanzschwingung im Anlauf nach der 15. Sekunde auf kurze Zeit einsetzt, ist das nach der 20. Sekunde folgende Schwingungsbild gänzlich verändert. Wenn sich auch die Periode der Treibscheibenumdrehung noch deutlich dem Seil aufprägt, so stimmt ihre Frequenz doch nicht mehr mit der der Seileigenschwingung überein. Die Eigenschwingung und die aufgeprägte arbeiten also teilweise gegeneinander, überlagern sich und geben ein zittriges Schwingungsdiagramm. Dabei wachsen aber die Schwingungsweiten nicht annähernd zu den großen Beträgen wie bei der Fahrt mit 14 m/s Geschwindigkeit.

Nachdem eine Reihe von Schaubildern bei Abwärtsfahrten und bei verschiedenen Fördergeschwindigkeiten aufgenommen worden waren, wurde der Holzbelag abgedreht. Die Bilder 4 und 5 zeigen die Wirkung des Abdrehens wieder bei Fördergeschwindigkeiten von 14 und 13 m/s. Aus Bild 4 (Geschwindigkeit 14 m/s) ist zu erkennen, daß Resonanzschwingungen nur noch schwach auftreten. Bild 4 zeigt ferner, daß die Zacken in den einzelnen Schwingungen weit weniger zahlreich sind, was sich daraus erklärt, daß die vielen kleinen Unrundheiten, die die Treibscheibe ursprünglich aufwies, durch das Abdrehen beseitigt sind. Daß Resonanzschwingungen überhaupt

noch auftreten, liegt daran, daß Koepe- und Treibscheiben eben nie ideal rund und fehlerlos ausgewuchtet sind. Sind die Vorbedingungen für das Auftreten von Resonanz in so hohem Maße erfüllt wie auf dieser Anlage bei 14 m/s Geschwindigkeit, so wird das Schwingungsdiagramm stets Ansätze einer Resonanzbildung zeigen. Fährt man dagegen mit anderer Geschwindigkeit, so bilden sich Resonanzschwingungen nicht mehr aus, wie Bild 5 zeigt, das bei einem Lastzug mit 13 m/s Geschwindigkeit aufgenommen ist.

Die Untersuchung der Förderanlage Thiederhall mit Hilfe des Vertikal-Beschleunigungsmessers wurde vorgenommen, weil man beim Öffnen der Seilklemme Drahtbrüche festgestellt hatte. Die Ergebnisse weisen den Weg, der hier einzuschlagen ist, um in Zukunft solche Drahtbrüche zu vermeiden: Nachprüfen der Treibscheibe und gegebenenfalls Nachdrehen in bestimmten Zeiträumen sowie Ändern der Fördergeschwindigkeit. Im allgemeinen wird es sich aber empfehlen, solche Untersuchungen des Förderseils in regelmäßigen Zwischenräumen vorzunehmen, auch wenn sie noch nicht durch offenkundige Fehler zur zwingenden Notwendigkeit geworden sind.

Elektrische Antriebe in den explosionsgefährlichen Räumen der Gaswerke

Von Ingenieur H. Grossmann, Abt. Zentralen der SSW.

Es hat sich herausgestellt, daß gerade in Gaswerken, deren Maschinen meist räumlich getrennt voneinander aufgestellt sind und die oft nur in unterbrochenem Betriebe arbeiten, der elektrische Antrieb jeder anderen Betriebsart überlegen ist. Die neueren Gaswerke haben sich daher in größtmöglichem Umfange die Elektrizität zunutze gemacht und lassen ihre verschiedenen Arbeitsmaschinen durch Elektromotoren antreiben. In bestimmten Räumen war jedoch der Verwendbarkeit des Elektromotors im Gaswerk eine Grenze gesetzt, und zwar sind dies die Apparate-, Reiniger- und Kompressorräume. In diesen treten Wasserstoffleuchtgasgemische auf, die außerordentlich explosiv sind und durch den geringsten Funken entzündet werden können. Da die genannten Räume zu den betriebswichtigsten der Gaswerke gehören, würde die Zerstörung eines von ihnen genügen, das Gaswerk stillzulegen. Man war daher gezwungen, in diesen Räumen entweder die vorhandenen Dampfmaschinenantriebe beizubehalten, oder man half sich dadurch, daß man die für die Antriebe bestimmten Elektromotoren außerhalb der Gebäude in einem besonderen Raum unterbrachte und die durch die Wand geführte Antriebswelle in einer Stopfbuchse laufen ließ. Diese Antriebe waren z. T. umständlich und kostspielig, es trat daher in den beteiligten Kreisen der Wunsch auf, auch im Innern von Apparate-, Reiniger- und Kompressorräumen Elektromotoren aufzustellen. Auf einem besonders gebauten Schlagwetterprüfstand der SSW wurden nun eingehende Versuche vorgenommen, und zwar zuerst mit Elektromotoren, die in ähnlichen Betrieben (Kohlengruben) Verwendung finden. Es ergab sich, daß der für Gruben übliche Schlagwetterschutz der Motoren für die im Gaswerk vorkommenden Gase nicht genügte. Der Schutz wurde bei den Versuchen auseinandergerissen und brachte die im Raum befindlichen Gase zur Explosion.

Die Kurvenzusammenstellung (Bild 5) zeigt die Drucke, die bei der Explosion der verschiedenen Gas-Luftgemische auftreten. Bemerkenswert ist hierbei, daß bei den Explosions-

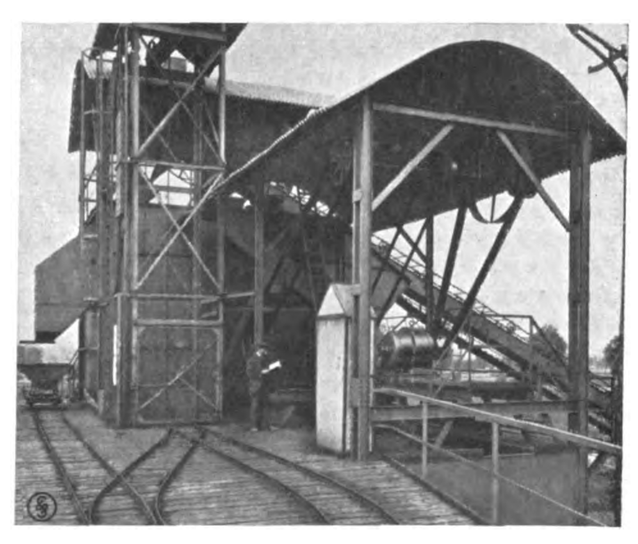


Bild 1. Elektrischer Antrieb der aufsteigenden Rinne einer Koksbrech- und -sortieranlage.

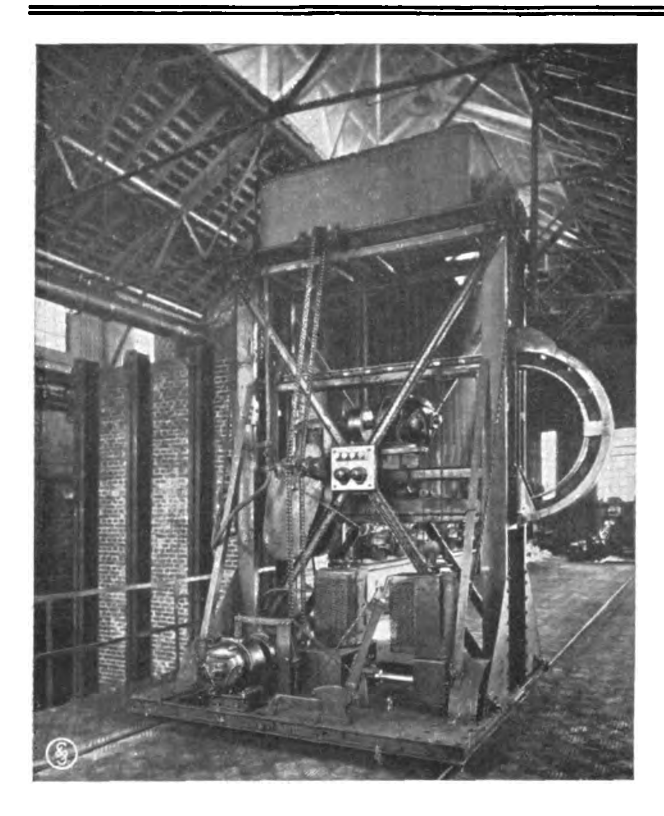


Bild 2. Elektrisch angetriebene Koksausstoß-Maschine.

proben von Grubengasen (Kurve III) Drucke von 6,5 at und bei Wasserstoff-Luftmischungen (Kurve V) solche von 8,9 at vorhanden waren.

Es mußte daher nach Mitteln und Wegen gesucht werden, eine andere Vorrichtung zu konstruieren, die es gestattete, Elektromotoren auch in den gefährdeten Räumen aufzustellen. Es ge-

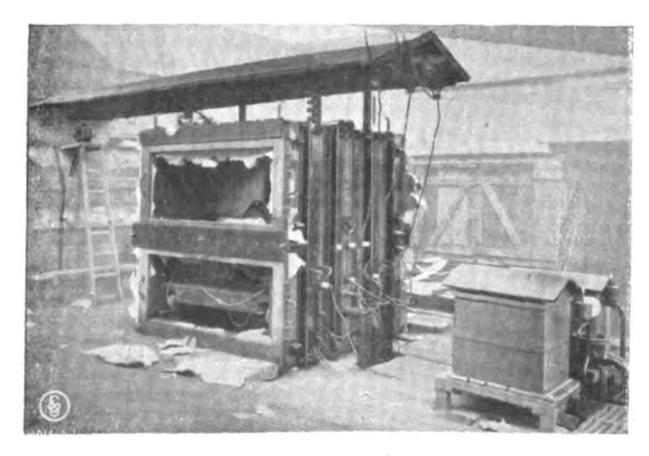


Bild 3. Explosionsprüfräume der Siemens-Schuckertwerke.

lang, eine solche explosionssichere Konstruktion zu finden.

Der Zweck des Schutzes ist, zu verhindern, daß, falls die höchst explosible Leuchtgas- bzw. Wasserstoffgas-Luftmischung im Innern der Schleifringkapsel durch Funkenbildung zur Explosion gelangt, diese nicht in den Raum, in dem der Motor aufgestellt ist, übertragen wird.

Die Berufsgenossenschaft der Gas- und Wasserwerke entschloß sich nun, ihre Unfallverhütungsvorschriften dahin abzuändern, daß Elektromotoren unter bestimmten Voraussetzungen auch in Apparate-, Reiniger- und Kompressorräumen, an Stelle der bisher verwendeten Dampfmaschinen, aufgestellt werden dürfen. Die neuen Vorschriften gelten ab 1. Juli 1923. Die zu verwendenden Elektromotoren zum Anschluß an ein Drehstromnetz werden nun eingeteilt in solche, bei denen betriebsmäßig keine Funken auftreten (Kurzschlußmotoren), und solche, bei denen betriebsmäßig Funken auftreten (Kollektor- bzw. Schleifringmotoren).

Nach den Vorschriften dürfen in den gefährdeten Räumen nur solche Kurzschlußmotoren aufgestellt werden, die gegenüber der normalen Ausführung durch einen besonderen mechanischen Schutz eine erhöhte Sicherheit erhalten. Dieser mechanische Schutz soll verhindern, daß herabfallende Gegenstände die Wicklung des Motors verletzen und dadurch einen Kurzschluß im Motor hervorrufen, der zur Funkenbildung und damit zu einer Explosion führen könnte. Ferner wird eine Erhöhung der Isolationsfestigkeit um 50 v. H. und Herabsetzung der normalen Motorleistung um 25 v. H. verlangt.

Motoren in Ausführung mit Schleifringen, d. h. also Motoren, bei denen betriebsmäßig Funken auftreten, sind nur dann zur Aufstellung in den gefährdeten Räumen zulässig, wenn sie als Durchzugstypen gebaut oder besonders geschützt sind.

Als Durchzugtyp wird ein Motor bezeichnet, dessen Gehäuse vollständig geschlossen ist und der zwei Öffnungen zum Anschluß der ins Freie führenden Zu- und Abführungsrohre für die Kühlluft hat. Der Motor muß so dicht geschlossen sein, daß sich im gekapselten Motorraum explosive Gase aus dem Aufstellungsraum nicht ansammeln können. Ein am Ende des Rohrsystems angebrachter Ventilator saugt vor Inbetriebsetzung des Motors etwa in das Innere eingedrungene Gase ab. Statt der Motoren des Durchzugtyps können auch besonders geschützte Motoren verwendet werden.

Der Schutz eines solchen Motors besteht in der eingangs erwähnten Kapselung der Schleifringe und wird von den SSW „Wasserstoffgasschutz“ genannt. Für die ungeschützten, also offenen Teile eines solchen Motors wird wie beim Kurzschlußmotor gegenüber der normalen Ausführung erhöhte Sicherheit verlangt.

Letztere Motoren müssen bei Lieferung von einem Zeugnis begleitet sein, wonach sie in laufendem Zustande in explosibler Leuchtgas- bzw. Wasserstoffgas-Luftmischung geprüft und explosionssicher befunden worden sind, während bei Lieferung von Motoren des Durchzugstyps ein solches Zeugnis nicht erforderlich ist. Der Wasserstoffgasschutz ist nur für Drehstrommotoren geeignet, während Gleichstrommotoren mit Rücksicht auf ihre größere Wartung lediglich in geschützter Ausführung, d. h. als Durchzugstyp, auf den Markt kommen.

Sinngemäß werden die verlangten Schutzmaßnahmen auch auf die verwendeten Nebenapparate, wie Anlasser, Schaltapparate, Sicherungen usw. übertragen. Auch diese Nebenapparate müssen bei Lieferung von Zeugnissen begleitet sein, wonach sie in explosibler Mischung geprüft und explosionssicher befunden worden sind.

In Apparate- und Reinigungsräumen dürfen auch Einschalter für elektrische Beleuchtung nur in explosionssicherer, geschützter Bauart verwendet oder, sofern entsprechende Konstruktionen nicht vorhanden sind, außerhalb der Gebäude angebracht werden.

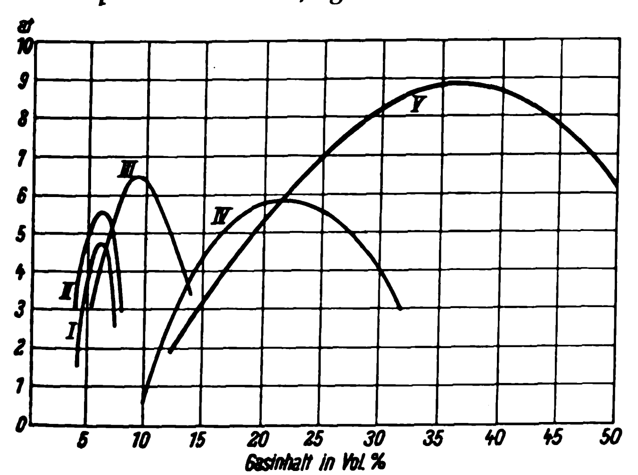


Bild 5 Explosionsdrucke von Gas-Luftgemischen.
I = Ölgas
II = Benzol
III = Grubengas
IV = Leuchtgas (Städtische Gaswerke)
V = Wasserstoff-Luftmischung

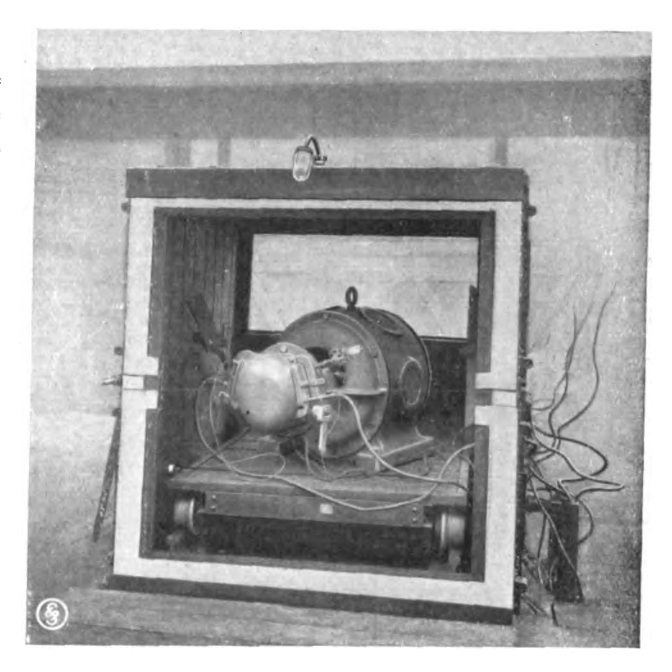


Bild 4. Inneres der Explosionskiste.

Des weiteren sind elektrische Klingeln und Fernsprechapparate, an denen betriebsmäßig Funken auftreten, wenn sie zum Verkehr mit Apparateräumen dienen, nach außen zu verlegen oder gasdicht einzukapseln. Dasselbe gilt für alle Kontaktapparate.

Schalter und Steckdosen zum Gebrauch für elektrische Handlampen müssen sich außerhalb der gefährdeten Räume befinden; an den Handlampen dürfen keine Einschalter angebracht werden.

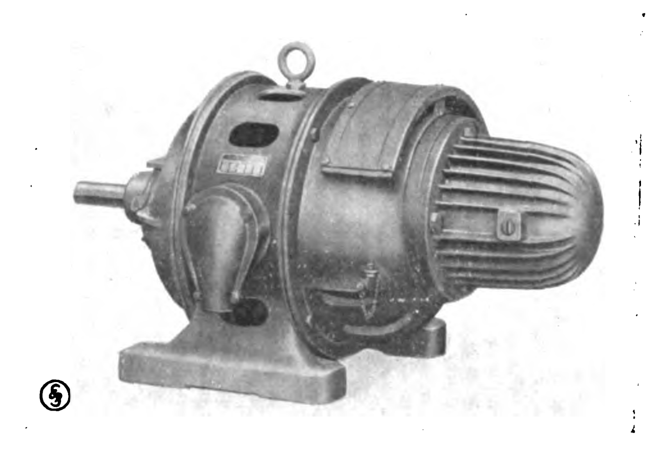


Bild 6. Drehstrommotor mit Wasserstoffgasschutz mit Schleifringläufer ohne Bürstenabheber.

In Gasbehältergebäuden sowie in Räumen unter Gasbehältern dürfen Elektromotoren, Schaltapparate und Sicherungen, auch geschützter Art, nicht verwendet werden.

Der elektrische Antrieb beim Abbau in Schlagwettergruben

Von Prof. Dr.-Ing. e. h. W. Philippi, Berlin.

Nach einem Vortrag auf der Kohletagung in Essen am 25. April 1925.

Das Bestreben, die Förderleistung der Vorkriegszeit je Mann der Belegschaft und Förderschicht wieder zu erreichen, nachdem diese Leistung während des Krieges immer mehr gesunken und endlich unmittelbar nach dem Kriege auf ein Maß herabgegangen war, das von dem Bergbau nicht mehr getragen werden konnte, hat zu einer bedeutenden Steigerung der Zahl der beim Abbau benutzten Maschinen geführt, um dem Hauer die Gewinnungsarbeiten in weitgehendem Maße zu erleichtern und damit die Förderziffern den Vorkriegszahlen wieder nahezubringen. Als Hilfskraft ist dabei im rheinisch-westfälischen Kohlenbergbau die mit Rücksicht auf Einfachheit und Schlagwettersicherheit bisher fast ausschließlich angewandte Druckluft beibehalten worden. Um welch starke Zunahme der Arbeitsmaschinen es sich handelte, zeigt folgende Übersicht:

Arbeitsmaschinen	1914	1924
Bohrhämmer, Abbauhämmer und Kohlehacken	15 400	61 600
Bohrmaschinen	100	3 000
Schrämmaschinen	280	1 160
Schüttelrutschenantriebe	2 200	6 900
Förderhaspel	10 100	17 000

Infolge dieser Entwicklung des maschinellen Vorortbetriebes ist die Belastung des Bergbaues durch die Aufwendungen für die erforderliche Druckluft stark gewachsen und beträgt gegenwärtig etwa 200 m^3/t, was bei einem Kohlenpreise von 15 Mark je Tonne und einem Verbrauch von 1,5 kg Kohle je 10 m^3 angesaugte Luft, einem gegenüber dem tatsächlichen Verbrauch niedrig angenommenen Mittelwert, sowie einer Jahresförderung von 100 Millionen t einer jährlich aufzuwendenden Summe von 45 Millionen Mark entspricht.

Der elektrische Antrieb ist bei den genannten Maschinen in Rheinland-Westfalen mit Ausnahme von 332 Haspeln, bezogen auf 1924, leer ausgegangen. Das erscheint um so merkwürdiger, wenn man die Tatsache beachtet, daß bei ihm der Energieverbrauch nur 15 bis höchstens 20 v. H. desjenigen ist, mit dem bei der Druckluft gerechnet werden muß. Wie ungünstig er sich bei der letzteren stellt, zeigen Werte, die von Götze im Jahre 1920 festgestellt worden sind, als er im Auftrage eines vom Reichskohlenrat eingesetzten technisch-wissenschaftlichen Sachverständigen-Ausschusses für Kohlenbergbau die Druckluftverhältnisse auf 26 Gruben Rheinland-Westfalens untersuchte. Er fand, daß auf den von ihm untersuchten Gruben im Mittel 25 v. H. der gesamten Dampferzeugung für die Herstellung von Druckluft gebraucht und daß von der über Tage erzeugten Druckluft nur 35 bis 40 v. H. in den Arbeitsmaschinen selbst benutzt wurden, während 25 bis 30 v. H. auf Undichtigkeitsverluste und der Rest auf die sehr unwirtschaftliche Verwendung der Druckluft für Sonderbewetterung entfielen. Bei den sehr zahlreich verwandten Haspeln mußten für 1 PS nutzbare Leistung, am Seil gemessen, im günstigsten Falle 7 PS, im ungünstigsten Falle 17 PS über Tage für Drucklufterzeugung aufgewandt werden. Bei den anderen Arbeitsmaschinen lagen die Verhältnisse ähnlich ungünstig.

Die Gründe, warum der elektrische Antrieb bei den in Frage kommenden Arbeitsmaschinen bis jetzt so schlecht abgeschnitten hat, liegen hauptsächlich in der Furcht vor Gefahren, die mit dem elektrischen Antrieb verbunden sein könnten, sowie in der Tatsache, daß der elektrische Antrieb vor dem Kriege und auch noch während des Krieges nicht so durchgebildet worden war, daß die elektrischen Abbaumaschinen brauchbar genug gewesen wären. Die erstere Befürchtung ist bei richtiger Ausführung der Anlage nicht berechtigt; das letztere trifft gegenwärtig mit Ausnahme der Hämmer und Kohlehacken nicht mehr zu. Sowohl mit Rücksicht auf den Kohlenbergbau und die Herabsetzung der Förderkosten als auch um das Arbeitsgebiet der Elektrotechnik zu vergrößern, ist es deshalb erforderlich, daß die letztere sich den Abbaubetrieben des Steinkohlenbergbaues energisch zuwendet und dabei davon ausgeht, daß praktisch volle Schlagwettersicherheit erreicht werden muß.

Was die letztere angeht, so sind im Jahre 1912 vom V. D. E. „Leitsätze für Schlagwetterschutzvorrichtungen" aufgestellt worden. Um die seit ihrem Bestehen gesammelten Erfahrungen zu berücksichtigen, ist ihre Neubearbeitung in Angriff genommen worden. Wenn sich jene Leitsätze in ihrer bisherigen Form auch im großen und ganzen als brauchbar bewährt haben, so werden doch gewisse Änderungen in Erwägung gezogen werden müssen. So erscheint es nicht mehr berechtigt, nur von Leitsätzen zu sprechen, da ihr Inhalt praktisch die gleiche Bedeutung wie Vorschriften gewonnen hat. Weiter wird dem Umstand Rechnung getragen werden müssen, daß der Plattenschutz und der Schutz durch ein engmaschiges Drahtgewebe keinen praktischen Wert mehr besitzen. Die Einschließung aller derjenigen Teile, an denen betriebsmäßig offene Funken auftreten können, in ein Gehäuse, dessen Wandungen einem inneren Überdruck von 8 at standzuhalten vermögen, wird neben erhöhter Sicherheit der offen liegenden Wicklungen das Hauptmerkmal schlagwettersicherer Ausführung bilden.

Für den Schutz gegen die mit der Berührung Spannung führender Teile verbundenen Gefahren und ebenso auch gegen Feuersgefahr steht die Erdung aller der zufälligen Berührung ausgesetzten Teile und die Unterbringung einer guten Erdleitung in den biegsamen Kabeln im Vordergrund. Die neuen Gummischlauchkabel sind für die nicht ortsfesten Vorortmaschinen wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Beschädigungen und ihrer guten Haltbarkeit besonders brauchbar. Bei den Apparaten, wie Schaltern und Anlassern, wird man danach streben müssen, im Abbau selbst, also dort, wo die Strecken oft niedriger als 1 m, die Raumverhältnisse daher außerordentlich ungünstig sind, ohne Öl auszukommen, was, da hier nur niedrige Spannungen, höchstens 500 V, und keine größeren Motorleistungen als 40 PS in Frage kommen, fast immer durchführbar ist. Wo in der Nähe des eigentlichen Abbaues mit Rücksicht auf die Spannung Ölschalter oder Öltransformatoren — vielleicht von solchen kleiner Leistung abgesehen — genommen werden müssen, soll man die Räume, in denen sie aufgestellt werden, feuersicher ausbauen, eine Forderung, die sich gleichfalls leicht erfüllen läßt.

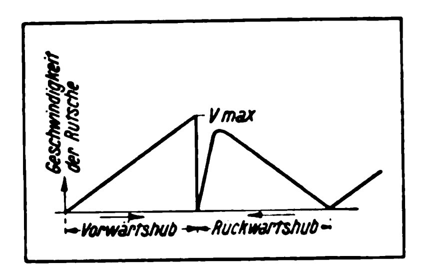


Bild 1. Geschwindigkeitsdiagramm einer Schüttelrutsche.

Um die Schwierigkeiten, die bei der Durchbildung geeigneter Antriebe der in Betracht kommenden Arbeitsmaschinen zu überwinden waren, zu zeigen, seien hier zwei Beispiele solcher Maschinen behandelt, die Schüttelrutschenantriebe und die Schrämmaschinen.

Die Schüttelrutschen dienen zur Beförderung der Kohle von der Abbaustelle nach einer mit Gleisen ausgerüsteten Strecke, wo die Kohle in Wagen ausgeschüttet wird, die dann zu Zügen zusammengestellt und von einer Lokomotive zum Schacht befördert werden. Der große Vorteil der Förderrinnen liegt in ihrer sehr niedrigen Bauhöhe und der Einfachheit des Antriebes. Selbst in den niedrigsten Strecken mit Bauhöhen von etwa 60 cm und weniger haben sie noch Platz und schaffen die abgebaute Kohle ohne Zuhilfenahme der Häuer aus dem Abbau heraus in die Wagen. Um zu erreichen, daß die in der Rinne liegende Kohle sich in der gewünschten Weise allmählich weiterbewegt, muß die hin- und hergehende Bewegung nicht einer gewöhnlichen Sinuslinie entsprechen, sondern sich etwa in der in Bild 1 gezeigten Weise ändern. Dadurch, daß die Geschwindigkeit der Rinne in der Förderrichtung plötzlich auf Null heruntergeht, wird bewirkt, daß das in ihr liegende Fördergut um etwa 10 bis 20 cm je nach der Neigung der Rinne vorwärtsrutscht. Für den Rückwärtshub gilt lediglich, daß er nach einer solchen Geschwindigkeitslinie ausgeführt wird, daß die in der Rinne liegende Kohle nicht wieder zurückgeworfen wird, eine Bedingung, die bei der in Bild 1 für die Rückwärtsbewegung gegebenen Geschwindigkeitslinie erfüllt ist.

Ein derartiges Bewegungsgesetz durch Umwandlung aus der gleichmäßigen Drehgeschwindigkeit des Elektromotors zu erreichen, sind verschiedene Wege eingeschlagen worden. Bei dem in Bild 2 dargestellten Antrieb ist dies durch Einschaltung von Federn in die Verbindung zwischen Förderrinne und Kurbelzapfen des Antriebes geschehen, wobei eine kräftige Feder den

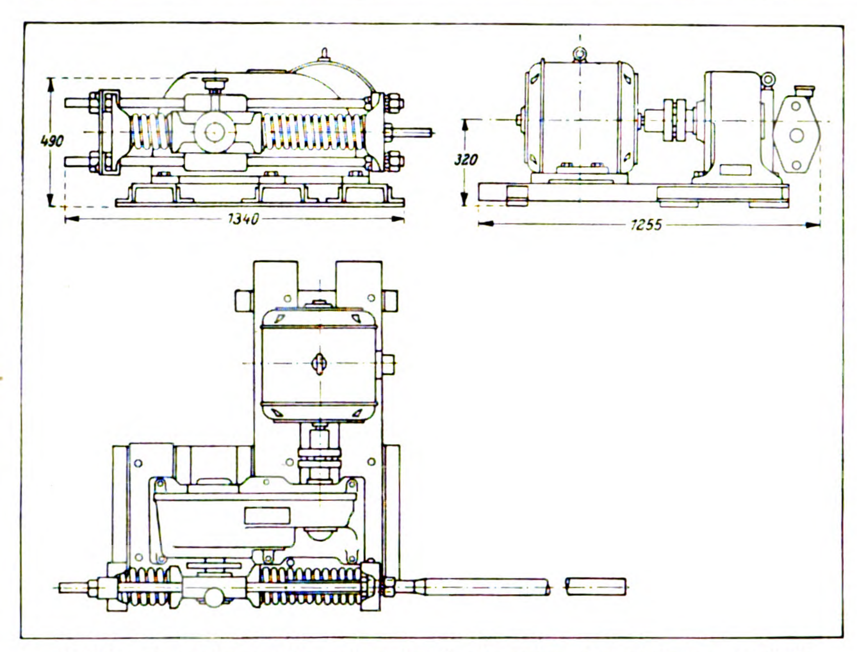


Bild 2. Antriebsmaschine einer Schüttelrutsche, Motorleistung 6,5 kW.

Anschlag bildet, an den die Rinne am Schluß des Förderhubes anstößt, während die zweite, schwächere Feder dazu bestimmt ist, beim Rückwärtshub die vom Antrieb abgegebene Energie aufzuspeichern und während des Förderhubes wieder an die Rinne abzugeben. Die Bauhöhe eines solchen Antriebes ist gering, der Wirkungsgrad günstig. Der Vorteil gegenüber einer durch Druckluftmotor angetriebenen Rutsche liegt außer in dem bedeutend geringeren Energieverbrauch in dem praktisch geräuschlosen Gang, so daß verdächtige, auf Verschiebungen der Kohle hindeutende Geräusche im Flöz leichter bemerkt werden können. Bei überlasteter Förderrinne bleibt der Elektromotor nicht wie ein Druckluftmotor in der Drehzahl zurück, was einen

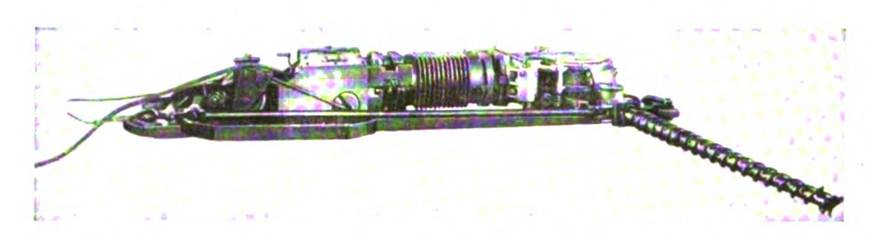


Bild 3. Stangenschrämmaschine mit schlagwettersicher gekapseltem Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer, Leistung 30 PS.

starken Rückgang in der Förderung herbeiführt, sondern zieht gleichmäßig durch.

Der elektrische Antrieb besteht außer bei Förderrinnen über etwa 100 m — eine Länge, die selten überschritten wird — aus einem Drehstrom-Kurzschlußläufermotor von etwa 6 bis 8 kW, der mit einem gewöhnlichen schlagwettersicheren Ständerschalter ein- und ausgeschaltet wird, so daß eine schlagwettersichere Ausführung leicht zu erzielen ist. Wird bei größerer Leistung ein Schleifringmotor nötig, so sind die Schleifringe ebenso wie der Anlasser schlagwettersicher einzukapseln, d. h. mit einem Gehäuse zu versehen, dessen Wandungen einen inneren Überdruck von 8 at auszuhalten vermögen, was ebenfalls keine Schwierigkeiten macht.

Bei den Schrämmaschinen, die hauptsächlich dazu benutzt werden, sehr niedrige Flöze — in Frage kommen solche bis etwa 45 cm — abzubauen, was mit reiner Handarbeit nicht möglich ist, bestehen die vom elektrischen Antrieb zu erfüllenden Bedingungen besonders in der Schaffung von sehr niedrigen Motoren, die natürlich gleichfalls schlagwettersicher gebaut sein müssen. So wird bei einer Motorleistung von etwa 40 PS eine Bauhöhe von etwa 40 cm erforderlich, bei etwas kleineren Motoren soll die Bauhöhe möglichst noch geringer sein. Da mit Rücksicht auf die starke Staubentwicklung bei der Schrämarbeit die Motoren vollständig eingekapselt sein müssen, so ist die vom Erbauer des Motors zu lösende Aufgabe nicht ganz einfach. Um die Abführung der im Motor erzeugten Verlustwärme durch Ausstrahlung zu begünstigen, ist der in Bild 4 dargestellte 30 pferdige Motor mit Kühlrippen versehen. Eine von ihm angetriebene Schrämmaschine, die die Verbindung mit dem Motor zeigt, ist in Bild 3 dargestellt. Der Motor, der ebenso wie bei dem Schüttelrutschenantrieb ein einfacher Drehstrommotor mit Kurzschlußläufer ist, wird, da ein Anlaufen mit voller Belastung nicht erforderlich ist, fast immer in Sterndreieckschaltung angelassen. Bei

dem Anlaßschalter liegen die Kontakte in einem kräftigen gußeisernen Gehäuse, dessen Wandungen für einen inneren Überdruck von 8 at bemessen sind, und dessen Deckel breite Flanschen haben, wie sie für schlagwettersichere Schalter usw. gleichfalls erforderlich sind.

Auch bei den in der Nähe des Abbaues verwandten kleinen Förderhaspeln mit einer Motorleistung von 5—10 PS werden neuerdings Motoren mit Kurzschlußläufer bevorzugt. Um ein genügendes Anfahrmoment, das wenigstens etwa 30 v. H. über dem normalen liegen soll, bei nicht zu hohem Anfahrstrom zu erreichen, hat die Ausführung des Motors mit Wirbelstromläufer sich gut bewährt. Es läßt sich bei ihr ein 1,4 faches Anfahrmoment bei etwa 3,5 fachem Anfahrstrom leicht erreichen.

Von den Kabeln sind für die Vorortbetriebe die biegsamen Kabel die wichtigsten, da sie sowohl bei den kleinen Bohrmaschinen als auch bei den Schrämmaschinen und den Schüttelrutschenantrieben, die in der Regel sehr oft ihren Aufstellungsort wechseln müssen, erforderlich sind. Am besten bewährt haben sich hier die Gummischlauchkabel, da sie mechanisch widerstandsfähig sind und nicht leicht durch Steinschlag und andere Einwirkungen beschädigt werden sowie auch genügend biegsam sind. Während des Krieges und nach dem Kriege waren die englischen Gummischlauchkabel den deutschen an Haltbarkeit zweifellos überlegen, da die englischen Fabriken keine Schwierigkeiten in der Beschaffung der zu ihrer Herstellung erforderlichen Rohstoffe hatten, gegenwärtig aber können die deutschen als den englischen gleichwertig bezeichnet werden. Welcher Wert bei ihnen auf die Einfügung einer guten Erdleitung gelegt wird, zeigt Bild 5, in dem neben der bisher üblichen, durchaus einwandfreien Form mit einem vierten für die Erdung dienenden Leiter ein neues englisches Kabel dargestellt ist, bei dem außer dieser vierten Leitung für die Erdung noch jeder der drei stromführenden Leiter mit einer über seinem Gummimantel liegenden Umklöppelung aus dünnen Kupferdrähten versehen ist, die gleichfalls mit Erde verbunden sind. Zweck dieser Ausführung ist, zu erreichen, daß jede geringe Beschädigung des Kabels unbedingt zu einer Auslösung des an der Verteilungsstelle liegenden, mit einem Erdungs-



Bild 4. Schlagwettersicher gekapselter Schrämmaschinenmotor, Leistung 30 PS.

auslöser versehenen Hauptschalters führt. Das gleiche wird mit dem dritten, eine neuere deutsche Ausführungsform darstellenden, in Bild 5 gezeigten Gummischlauchkabel bezweckt.

Von den Zubehörteilen seien hier nur der in Bild 6 dargestellte schlagwettersichere Sicherungskasten, dessen Deckel nur geöffnet werden kann, wenn der mit ihm verbundene schlagwettersichere Drehschalter geöffnet ist, und auch nur bei offenem Schalter geschlossen werden kann, und der in Bild 7 abgebildete Stecker, der in der gleichen Weise mit einem schlagwettersicheren Drehschalter verriegelt ist, erwähnt.

Die dringende Notwendigkeit der Elektrisierung der Vorortbetriebe hat sich aus dem eingangs erwähnten starken Anwachsen des Druckluftverbrauches der Kohlenzechen ergeben, der eine allmählich nicht mehr tragbare Belastung des Bergbaues darstellt. Das sehr ungünstige Arbeiten der Druckluftanlagen hat einmal in dem schlechten Wirkungsgrad der Drucklufterzeugung an sich,

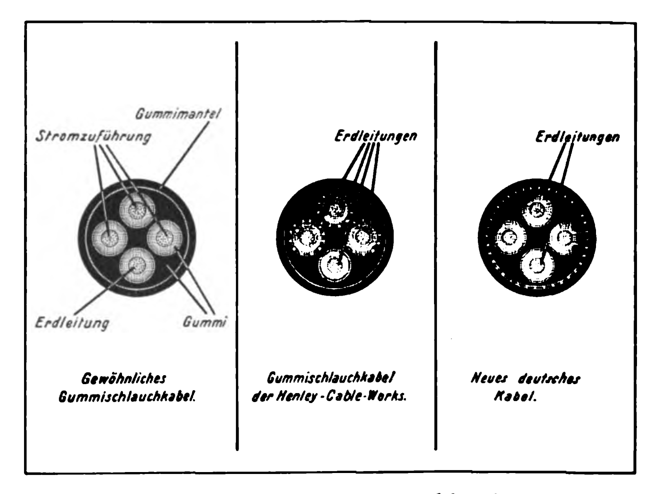


Bild 5. Querschnitte von Gummischlauchkabeln mit Erdleiter.

ferner in dem ungünstigen Wirkungsgrad der Druckluftmotoren und endlich in der Schwierigkeit der Instandhaltung der langen Druckluftleitungen seinen Grund. Auch die in den

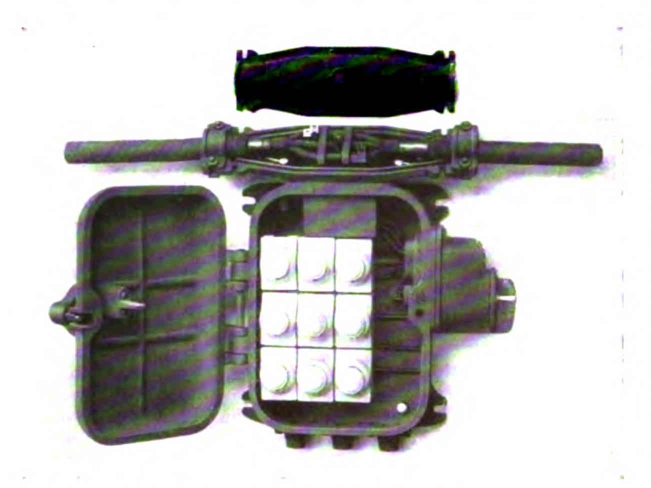


Bild 6. Schlagwettersicherer Sicherungskasten.

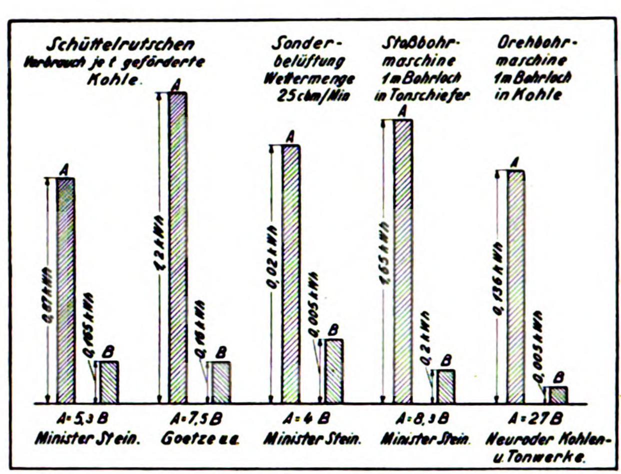


Bild 8. Energieverbrauchsvergleich zwischen Druckluft- und elektrisch angetriebenen Maschinen.

letzten Jahren eingeführten Verbesserungen, die besonders in der Schaffung verhältnismäßig günstig arbeitender Druckluftmotoren zum Ausdruck gekommen sind, haben den gesamten Druckluftverbrauch nicht derartig herabsetzen können, daß die Notwendigkeit, gründlich Wandel zu schaffen, damit aus der Welt geschafft worden wäre. Nur durch Elektrisierung der Vortortbetriebe ist dieses wirksam zu erreichen. Wie groß der Unterschied in dem Energieverbrauch zwischen beiden Betriebsarten ist, kann aus den Gegenüberstellungen in Bild 8, die praktischen Betriebszahlen entsprechen, entnommen werden.

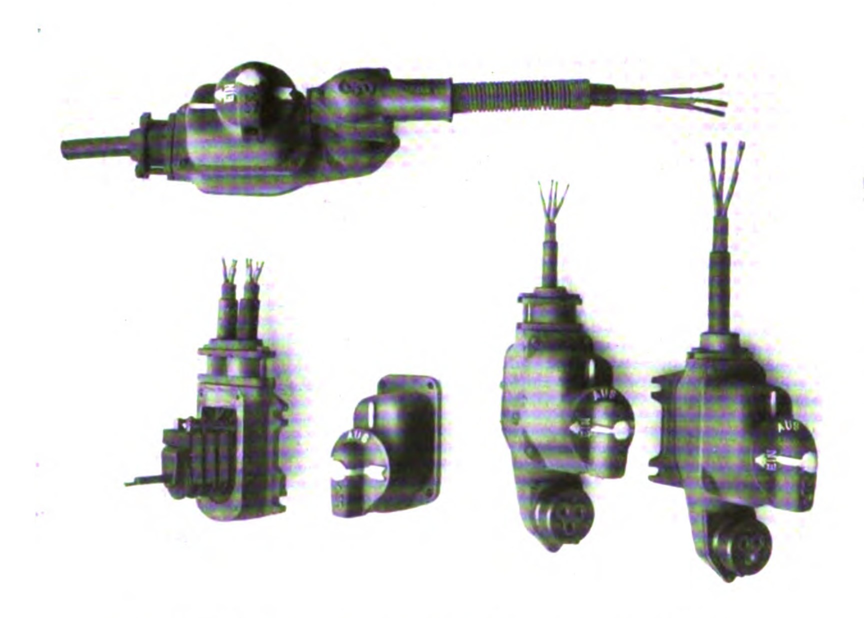


Bild 7. Schlagwettersichere Drehschalter mit Anschlußdose.

Der Energieverbrauch beim elektrischen Antrieb beträgt im Durchschnitt nur etwa $^1/_6$ desjenigen, mit dem beim Druckluftbetrieb gerechnet werden muß. Wenn auch die Arbeitsmaschinen beim elektrischen Antrieb teurer werden, so wird sich dies doch durch die geringeren Kosten der Kabel und der Generatoren wieder ausgleichen, so daß tatsächlich die gesamten Anlagekosten einer mit elektrischem Betrieb arbeitenden Anlage niedriger sind als einer solchen, die mit Druckluft arbeitet.

Ein Nachteil des elektrischen Antriebes besteht darin, daß brauchbare elektrische Bohrhämmer und Kohlehacken, Hilfsmittel, die für den Bergmann unentbehrlich geworden sind, noch nicht existieren, sondern hierfür noch Druckluft weiter verwandt werden muß. Da diese Maschinen aber nur wenig Druckluft verbrauchen, so läßt sich diese leicht in kleinen, in der Nähe des Abbaues stehenden Einzelkompressoren, die elektrisch anzutreiben sind, erzeugen. In der Notwendigkeit, für die genannten Maschinen Druckluft vorläufig noch weiter verwenden zu müssen, kann daher ein Grund, die so dringende Elektrisierung der Vorortbetriebe nicht durchzuführen, nicht erblickt werden. So sind denn auch in den niederschlesischen und sächsischen Steinkohlengruben, trotzdem auch diese mit

schlagenden Wettern zu kämpfen haben, bereits umfangreiche elektrische Anlagen für die Vortbetriebe entstanden, die einwandfrei arbeiten, und das gleiche gilt auch für den englischen Kohlenbergbau. Der rheinisch-westfälische Bergbau geht, nachdem die durch den französischen Einbruch geschaffenen Schwierigkeiten einigermaßen überwunden worden sind, gegenwärtig energisch daran, das Versäumte nachzuholen und gleichfalls den elektrischen Antrieb beim Abbau einzuführen. Die Elektrotechnik ist in der Lage, ihm die dafür nötigen Motoren nebst Zubehör in brauchbarer Form zur Verfügung zu stellen.

KLEINE MITTEILUNGEN

Neue Groß-Umspannwerke.

Der im letzten Jahr weiter erheblich gestiegene Bedarf an elektrischer Energie hat die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke A.-G. veranlaßt, die Stromverteilung in Berlin in großzügiger Weise umzugestalten. Zur Speisung der 6000 V-Netze werden in der Stadt mehrere Hauptumspann-Werke errichtet, denen die Energie durch 30000 V-Kabel von den verschiedenen Kraftwerken zugeführt wird.

Zwei dieser Umspannwerke: Cottbuser Ufer und E. W. Charlottenburg erhielten die SSW in Auftrag; hierzu gab die Bewag sorgfältig ausgearbeitete Unterlagen und wertvolle Anregungen. Das Bestreben, größtmögliche Betriebssicherheit zu erzielen, ist bei der Ausarbeitung und dem Bau der Stationen erste Forderung. Einige bemerkenswerte Einzelheiten seien erwähnt:

Das Umspannwerk Cottbuser Ufer erhält eine Transformatorenleistung von insgesamt 62500 kVA, die nach späterem vollen Ausbau die Gesamtleistung von 75000 kVA erreichen wird. Die Ölschalter werden ähnlich wie bei dem Hallenbau eingebaut mit in dreiseitig abgeschlossenen Zellen hängenden Kesseln, während die vierte Zellenseite offen ist, so daß etwa auftretende Ölgase sofort ins Freie entweichen können. Jeder Transformator erhält einen Preßluft-Ölkühler, der dem Ölumlauf dient und durch einen Ventilator vom Kaltluftstrom umgeben wird. Die erwärmte Luft mit etwa 20° C Temperaturzunahme bei Vollast des Transformators wird aus dem Abluftkanal im Winter zur Beheizung der Räume ausgenutzt.

Eine vorgesehene Entlüftungsanlage ermöglicht die rasche Entfernung von Gasen und die Erneuerung der Luft bei etwa eintretender Verqualmung von Räumen.

Der große Umfang des Werkes machte es erforderlich, zur raschen Übersicht und zur leichten Bedienung bei geringstem Personalbedarf sämtliche Apparate für Fernsteuerung vorzusehen, und zwar Ölschalter und Trennschalter, außerdem Anlasser, Stufenschalter und Regler für 3 Asynchron-Phasenschieber von je 5000 BkVA, 6000 V sowie von Ventilatoren- und Pumpen-Motoren für die 5 Transformatoren von je 12500 kVA, 30000/6000 V. Der Schaltmeister übersieht im Kommandoraum — Warte genannt — am Blindschaltbild leicht den Zustand der Anlage; er erhält doppelte Rückmeldung über alle Schaltungen und Kommandos und wird durch sorgfältig durchgebildete Temperaturanzeige- und Gefahrmeldeanlagen über alle Vorgänge sofort unterrichtet.

Fernkabel Arnhem—Babberich

Mitgeteilt von der Abteilung für Schwachstromkabel (SK 2) der Siemens & Halske A.-G.

Die holländische Staatstelegraphen-Verwaltung gab der S. & H. A.-G. über das Deutsche Reichspostministerium den Auftrag auf Lieferung und Einbau eines Fernkabels von Arnhem bis zur deutschen Landesgrenze bei Babberich. Dieses Kabel bildet die Fortsetzung des deutschen Fernkabels von Mülheim nach der holländischen Landesgrenze, das die Deutsche Fernkabel-Gesellschaft baut, und verbindet das deutsche Fernkabelnetz mit dem in Arnhem anschließenden holländischen Fernkabelnetz. Gebaut werden 20 km 98 paariges Pupinfernkabel in der Bauart des deutschen Normalkabels A mit 0,9 mm und 1,4 mm starken Leitern. Der Auftrag umfaßt außer der Kabel- und Pupinspulenkasten-Lieferung auch die Ausführung der gesamten Verlegungs- und Bauarbeiten. Diese Fernkabellinie wird noch in diesem Sommer geliefert werden, so daß nach Fertigstellung der Bauarbeiten eine gute Sprechverständigung über das Fernkabel zwischen Holland und den Linien des deutschen Fernkabelnetzes möglich sein wird.

Anschluß des schweizerischen Fernkabelnetzes an das deutsche Fernkabelnetz

Mitgeteilt von der Abteilung für Schwachstromkabel (SK 2) der Siemens & Halske A.-G.

Die Ober-Telegraphendirektion in Bern bestellte über das Reichspostministerium bei der S. & H. A.-G. die Lieferung und den Bau des Pupinfernkabels von Basel nach der deutsch-schweizerischen Landesgrenze bei Riehen. Geliefert wird ein 98 paariges Fernkabel vom Aufbau des deutschen Normalkabels A mit 40 Doppelleitungen von 1,4 mm und 58 Doppelleitungen von 0,9 mm Durchmesser. Dieses Kabel schließt einerseits an das deutsche Fernkabel von Frankfurt a. M.—Karlsruhe—Freiburg i. Br. bis zur schweizerischen Landesgrenze und andererseits an das schweizerische Fernkabelnetz an. Die Bauarbeiten werden noch in diesem Sommer vollendet werden, so daß nach Fertigstellung der deutschen Fernkabellinie Karlsruhe—Freiburg—Schweizer Landesgrenze eine gute Sprechverständigung durch Fernkabel zwischen der Schweiz und dem deutschen Fernkabelnetz sichergestellt sein wird.

FRAGEN UND ANTWORTEN

Anfragen aus dem Leserkreis werden hier soweit möglich beantwortet.

Frage 21. Ich habe in meiner beruflichen Tätigkeit sehr oft Gelegenheit, festzustellen, daß die Stromverbraucher sehr großes Interesse für elektrisches Kochen und Heizen zeigen, aber davon absehen, weil sie die Betriebskosten für zu hoch halten, wenngleich die großen Annehmlichkeiten allgemein bekannt sind und auch voll gewürdigt werden. Können Sie mir einige Richtlinien geben, wie ich die häufig an mich gestellte Frage beantworten kann, ob und unter welchen Umständen elektrisches Kochen und Heizen mit anderen Koch- und Heizarten erfolgreich in Wettbewerb treten kann?

Antwort 21. Um diese Frage erschöpfend zu beantworten, ist es nötig, auf die Tarifpolitik der Elektrizitätswerke einzugehen. Bekanntlich ist der elektrische Strom keine Ware, die verkauft werden kann wie andere Massenartikel, die der Verkäufer auf Lager legen kann, wie beispielsweise auch Gas.

Die Elektrizität ist vielmehr eine reine Arbeitsleistung und kann in den großen Elektrizitätswerken nicht aufgespeichert werden. Diese müssen also in jedem Augenblick so viel Strom erzeugen, wie gerade gebraucht wird. Ferner müssen sie die Elektrizität frei ins Haus liefern und zu diesem Zweck das Leitungsnetz mit allen zugehörigen Apparaten in genügender Stärke für die höchste während des Jahres vorkommende Inanspruchnahme ausbauen. Es sind also bedeutende Aufwendungen für das Anlagekapital und für die Unterhaltung der Einrichtungen erforderlich, auch wenn nicht eine einzige Kilowattstunde Strom entnommen wird. Hinzu kommen noch die Kosten für Zählerablesung, Buchungen, Einkassieren des Geldes, auch wenn der Verbrauch noch so unbedeutend ist. Allein diese Arbeiten verursachen dem Werk für jeden Abnehmer jährlich beinahe M. 10,— Kosten, so daß ganz sparsame Abnehmer schon aus diesem Grunde keinen Nutzen bringen.

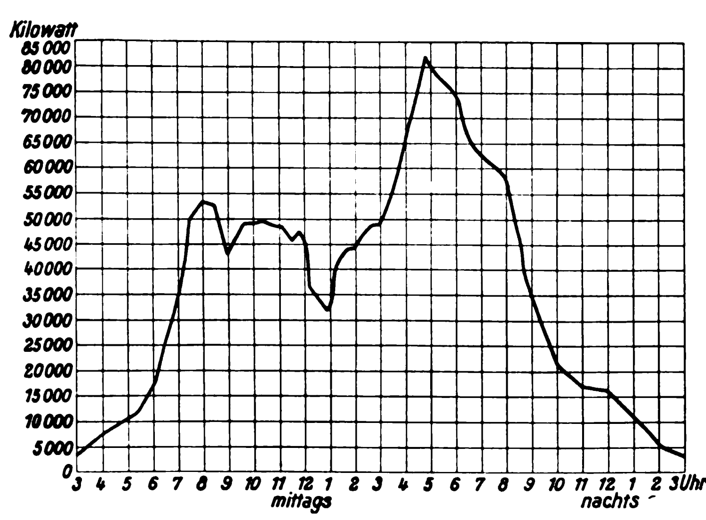


Bild 1. Verlauf der Belastung eines Elektrizitätswerkes während 24 Stunden.

Wenn der Stromverbraucher den Strom recht billig haben will, so setzt er sich damit keineswegs in Widerspruch mit dem Wunsche des Verkäufers, also des Elektrizitätswerkes. Auch dieses möchte den Strom so billig wie möglich abgeben, um recht viel Absatz zu bekommen und dadurch das Werk wirtschaftlicher auszunutzen. Eine Besonderheit besteht aber insofern, als sich die Wünsche beider Teile über den Zeitpunkt der Stromentnahme zunächst nicht decken. In Bild 1 ist die Belastung eines Elektrizitätswerkes während eines vollen Tages für eine große Stadt graphisch dargestellt, und zwar in der Mitte des Monats Dezember. Die Stromentnahme, die gegen 3 Uhr morgens noch sehr gering ist, nimmt ständig zu bis gegen 8 Uhr, dann bleibt sie (mit Ausnahme einiger Unterbrechungen, besonders in der Mittagszeit) ungefähr auf dieser Höhe, in den dunklen Nachmittagsstunden wächst sie weiter bedeutend bis gegen 6 Uhr und nimmt dann wieder ständig ab bis gegen 3 Uhr nachts. Besonders in den Zeiten von 10 Uhr abends bis 6 Uhr morgens ist der Stromverbrauch sehr gering. Alle Elektrizitätswerke leiden nun mehr oder weniger unter dem Umstande, daß sie während des Tages ungenügend und während der Nachtstunden fast gar nicht ausgenutzt sind. Die Maschinen, Transformatoren und das Kabelnetz liegen fast nutzlos da und verschlingen die Zinsen des hohen Anlagekapitals, bedürfen aber doch der Wartung, da der Betrieb nicht einen Augenblick stillstehen darf. Fortschrittliche Elektrizitätswerke suchen daher die ausgiebige Benutzung der Elektrizität für Heiz- und Kochzwecke und Haushaltapparate, d. h. für solche Einrichtungen, die Strom nicht nur in den dunklen Abendstunden, sondern während des ganzen Tages verbrauchen oder für Speicheröfen und Warmwasserspeicher, die während der Nachtstunden geheizt werden, durch geeignete Tarifpolitik anzuregen und zu fördern. Von den hierbei zur Anwendung gelangenden Tarifen sind im wesentlichen drei Arten zu nennen:

1. Licht- und Krafttarif.

Der althergebrachte Tarif mit etwa 40 Pf. für die Kilowattstunde für Licht und 10 bis 25 Pf. für Kraft hat den Nachteil, daß für elektrisches Heizen und Kochen u. dgl. eine besondere Kraftleitungsanlage mit schwer durchführbaren Kontrollen, wie eigens ausgebildete Steckdosen usw. hinter einem besonderen Kraftzähler erforderlich ist. Diese Tarifform ist daher wohl für große Abnehmer, wie Geschäftshäuser, Industrie und Gewerbe, nicht aber für die Mehrzahl der Privatwohnungen zweckmäßig.

2. Doppeltarif mit Sperrzeit.

Der Zähler ist hier mit einer Umschaltuhr ausgestattet, so daß zu bestimmten späten Nachtstunden der Verbrauch getrennt registriert wird. Solche Nachttarife, in der Höhe von 6 bis 8 Pf. für die Kilowattstunde, genügen, wie wir später sehen werden, als Anreiz für die Verwendung

von elektrischen Speicheröfen, Warmwasserspeichern, Ladestationen für Elektrokarren usw. und sind schon mehrfach eingeführt worden.

3. Gebührentarif.

Für Privatwohnungen, also für Haushaltzwecke, ist der für beide Teile zweckmäßigste Tarif ein sogenannter Gebührentarif mit einer festen monatlichen Grundgebühr und einem niedrigen Kilowattstundenpreis, weil er als Einheitstarif keine besondere Kraftleitungsanlage in der Wohnung erfordert. Die Grundgebühr wird entweder nach der Zimmerzahl oder der Grundfläche der Wohnung berechnet. In den ländlichen Überlandnetzen bestehen auch andere Grundlagen, z. B. Ackerfläche und Viehzahl. Berechnung der Grundgebühr nach der Zählergröße oder der Zahl der angeschlossenen Lampen und sonstigen Stromverbraucher kommt ebenso vor, bewirkt aber unter Umständen beim Abnehmer Abneigung gegen den Anschluß weiterer Stromverbrauchsapparate. Von den deutschen Elektrizitätswerken wird z. Zt. meistens noch ein Kilowattstundenpreis von 16 bis 18 Pf. verlangt, während z. B. das Elektrizitätswerk Amsterdam nur 5 bis 6 Cts., also 8 bis 10 Pf. fordert. Als Beispiel für einen solchen Tarif sei derjenige der Städtischen Elektrizitätswerke Berlin wiedergegeben, bei dem die Grundgebühr nach der Zählergröße bestimmt wird, um bei der großen Anzahl der Abnehmer langwierige und kostspielige Feststellungsarbeiten zu vermeiden. Dieser Tarif lautet: Die Elektrizität wird zum Preise von 16 Pf. je **Kilowattstunde** ohne Unterschied des Verwendungszweckes abgegeben. Die **Grundgebühr** beträgt monatlich für einen Elektrizitätszähler

bis zu 0,22 Kilowatt-Meßbereich:	M. 0,80
„ „ 0,44 „ „	„ 1,60
„ „ 0,66 „ „	„ 2,40
„ „ 1,1 „ „	„ 3,90
„ „ 2,2 „ „	„ 7,70
„ „ 4,4 „ „	„ 15,40 usw.

Dieser Tarif ist so berechnet, daß bei angemessenem Lichtverbrauch der Durchschnittspreis des Lichtstromes sich etwa ebenso hoch stellt wie früher (40 Pf.), daß aber durch Mehrverbrauch für Haushaltzwecke der billige Kilowattstundenpreis erzielt wird.

Wie hoch belaufen sich nun bei dem letztgenannten Tarif von 16 Pf. für die Kilowattstunde die Kosten für den elektrischen Betrieb der einzelnen Heiz- und Kochapparate? Darüber gibt die nachfolgende Tafel Aufschluß, der die am meisten zur Verwendung gelangenden Stromverbrauchsapparate zugrunde gelegt sind. Es kostet:

6 Eier kochen	1 Pf.
1 Liter Wasser kochen	$1\frac{4}{5}$ „
10 Tassen Kaffee bereiten	$1\frac{4}{5}$ „
1 Liter Tee kochen	$1\frac{4}{5}$ „
4 Koteletts braten	$1\frac{4}{5}$ „
3 Pfd. Kartoffeln kochen	4 „
Suppe für sechs Personen bereiten	$4\frac{1}{2}$ „
½ Stunde bügeln	$3\frac{1}{5}$ „
½ Stunde staubsaugen	1 „
1 Stunde Nähmaschine elektrisch antreiben	$\frac{1}{3}$ „
1 Stunde Heizkissen gebrauchen	$\frac{3}{7}$ „
5 Minuten Brennschere erhitzen	$\frac{1}{7}$ „
¼ Stunde Haare trocknen	$2\frac{2}{7}$ Pf.
Rasierwasser bereiten	$\frac{1}{5}$ „
1 Stunde Platzbeheizung	9 „

Aus dieser Zusammenstellung ist ersichtlich, daß manche elektrischen Arbeitsleistungen sehr billig, daß aber die elektrische Heizung von Räumen im allgemeinen noch teuerer ist als andere rationelle Beheizungsarten. Wenn nun auch bei elektrischer Heizung nicht die Kosten allein ausschlaggebend sind, vielmehr die außerordentliche Bequemlichkeit und Sauberkeit sowie die sofortige Betriebsbereitschaft, besonders für Privatwohnungen, den Anreiz zu dieser Heizungsart bilden (vor allem in den Übergangsjahreszeiten), so läßt sich doch nicht verkennen, daß größere Betriebe, Industrie und Gewerbe die Kosten der Heizung voraus berechnen wollen. Untersuchungen, ob und unter welchen Umständen die elektrische Wärmeabgabe mit anderen in Wettbewerb treten kann, sind nun von Direktor Ely des Nürnberger Elektrizitätswerkes angestellt worden, das Ergebnis ist die in Bild 2 dargestellte Kurve. Er ist davon ausgegangen, daß der Wirkungsgrad elektrischer Heizapparate mit 100 v. H. angenommen werden kann, während der Wirkungsgrad anderer Ofenarten und Heizapparate außerordentlich verschieden ist.

Es gibt Kohleöfen, die nur 10–20 v. H. Nutzeffekt aufweisen, neuere Konstruktionen haben allerdings bei sorgfältiger Bedienung viel höhere, von 50–60 v. H. Bei Gasheizapparaten liegen die Verhältnisse im allgemeinen günstiger.

Man findet zwar solche mit einem Wirkungsgrad von nur 30 bis 40 v. H., doch steigt dieser bei den besten Öfen bis auf 70 v. H. In der Kurve sind nun die Wirkungsgrade von Gasöfen in Beziehung gesetzt zu dem Preise einer Kilowattstunde bei einem gleichzeitigen Preise von 18 Pf. für 1 m³ Gas. Nehmen wir als Beispiel an, der Wirkungsgrad eines Gasofens sei 30 v. H., so gehen wir

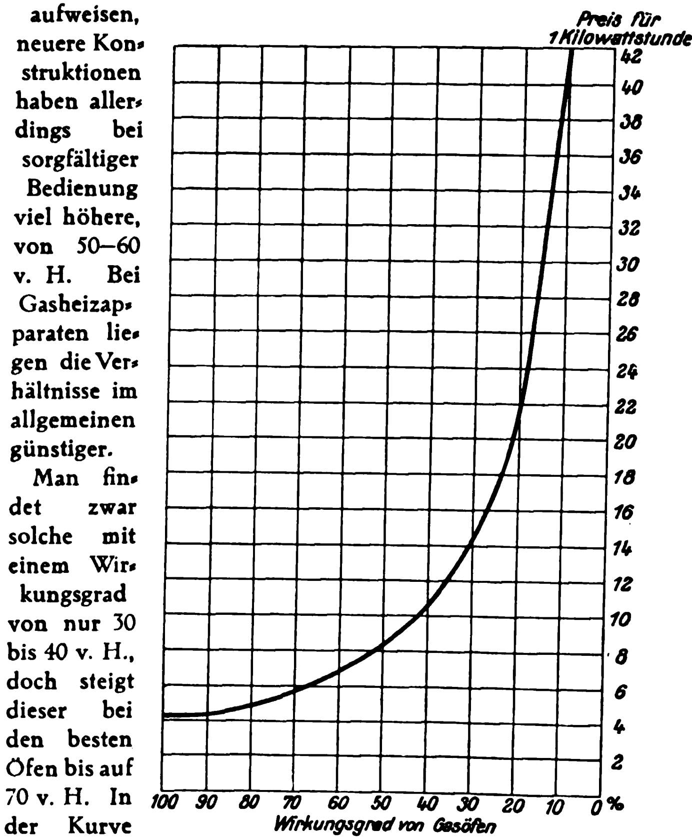


Bild 2. Kosten elektrischer Heizung im Vergleich zu Gas (18 Pf. je m³).

in Bild 2 von der Zahl 30 v. H. senkrecht hinauf bis zu der Kurve und finden, daß dazu die rechtsstehende Zahl 14 gehört, was bedeutet, daß die Kilowattstunde 14 Pf. kosten müßte, um mit einem solchen Gasofen konkurrieren zu können. In derselben Weise finden wir, daß für Gasöfen mit 50–70 v. H. Wirkungsgrad der Kilowattstundenpreis 9–6 Pf. betragen müßte. Aus ähnlichen Kurven läßt sich feststellen, daß für Anthrazitöfen von 20–10 v. H. Wirkungsgrad Strompreise von 8–4 Pf. für die Kilowattstunde in Betracht kämen. Bei letzteren Öfen ist allerdings zu berücksichtigen, daß für das Heranschaffen des Brennmaterials, Fortschaffen der Asche, Lagerung und Reinigung etwa 50 v. H. höhere Stromkosten in Vergleich zu stellen sind und man also auf Strompreise von 12–6 Pf. käme.

Fragen wir uns nun, unter welchen Umständen die Elektrizitätswerke solche Preise einräumen können, so kommen wir wieder auf die in Bild 1 dargestellte Belastungskurve zurück und sehen, daß — mit Ausnahme von solchen Werken, die besonders günstig gelegen sind — die niedrigen Preise nur während der Zeiten von 10 Uhr abends bis 6 Uhr morgens, also zur Zeit der geringsten Belastung, möglich sind, wenn die Werke wirtschaftlich arbeiten sollen. Das führt unmittelbar zu der Forderung, möglichst Wärmespeicheröfen zu verwenden, in denen die Wärme während der Nacht durch den Strom erzeugt und am Tage abgegeben werden kann. Geeignete Konstruktionen hierfür sind vorhanden. Bei der Verwendung zu Kochzwecken ist zu berücksichtigen, daß Gaskochapparate in der Praxis meistens unter 50 v. H. (Kochherde unter 15 v. H.) Wirkungsgrad haben. Es ergibt sich dann in unserem Beispiel, daß das elektrische Kochen bei einem Preis der Kilowattstunde von 8—10 Pf. bereits konkurrenzfähig ist.

EINGESANDTE BÜCHER

(Ausführliche Besprechung einzelner Bücher vorbehalten.)

Das wirtschaftliche Amerika. Von Dr. Carl Köttgen, VDI-Verlag, Berlin SW 19.

„Allerwegen in Deutschland wird der Vergleich mit den Verhältnissen in den Vereinigten Staaten gezogen, mit dem wirtschaftlichen Amerika: den hohen Löhnen und dem maschinellen Fortschritt. Eine Klärung der wirtschaftlichen Zusammenhänge bis zu den maßgebenden Grundbedingungen schien angebracht, um einen Maßstab zu gewinnen für die bei uns mögliche Lohnhöhe oder treffender gesagt, Lebenshaltungshöhe, wie für die Einführung von weitgehenden maschinellen Verfahren."

Klar und überzeugend wächst die Antwort auf diese Fragen, Seite nach Seite gestützt auf reichhaltiges Zahlenmaterial aus dem Vergleich der wirtschaftlichen Verhältnisse beider Länder heraus.

Eine gütige Natur hat die Vereinigten Staaten in überreicher Fülle mit Gaben bedacht: günstige klimatische Bedingungen, ertragreiche Äcker, ausgedehnte und leicht zu gewinnende Bodenschätze. In diesem „God's own Country" schafft ein Volk, das aus den Zeiten der ersten Einwanderung die Überzeugung mitnahm, daß der einzelne nur vorwärts kommt, wenn das Ganze gedeiht. Das Eigeninteresse ist dort wie überall die wirksamste Triebkraft, der Gemeinschaftssinn schaltet aber Sicherungen ein und läßt das große Ziel, das Blühen des Landes, nicht verwirren und den Weg dorthin nicht durch unfruchtbare, kräfteverzehrende, innere Kämpfe versperren.

Der natürliche Reichtum, ein in sich geschlossenes Wirtschaftsgebiet, die Unabhängigkeit vom Ausland und eine mit ausgeprägtem Gemeinschaftsgefühl und klarem Sinn für das Zweckmäßige, rege arbeitende Bevölkerung schufen ein Wirtschaftsleben, das gestützt auf breiten Absatz, Herstellung in Mengen, Steigerung der menschlichen Arbeitskraft durch maschinelle Verfahren, gute Verdienst- und Aufstiegmöglichkeiten für jeden wirklich Strebsamen ein Tempo gewann, von dem wir noch weit entfernt sind. Manche der Grundbedingungen fehlen uns ganz. Soweit sie ein Geschenk der Natur, sind sie Schicksal und unserem Einfluß entzogen. Ein Vergleich, der dies übersieht, führt zu Trugschlüssen. Soweit die Grundbedingungen von uns abhängen, von unserem Willen und unserer gemeinsamen Einstellung auf ein Ziel müssen noch zahlreiche Steine aus dem Wege geräumt werden. Kein Stand gedeiht, wenn das Ganze leidet; die größte Starrköpfigkeit kann nicht erzwingen, daß Sonderinteressen ohne Schädigung des Ganzen Erfüllung finden. Die Wirtschaft als solche ausbauen, fördern und steigern ist und bleibt der einzige Weg zum steigenden Wohlstand auch des einzelnen.

Jedem, der „Das wirtschaftliche Amerika" liest, muß sich der Blick weiten. Wir müssen heraus aus dem zermürbenden Streit der Klassen und Stände, aus dem Mißtrauen des Arbeiters gegen den Unternehmer, aus dem Pochen auf Sonderwünsche, über die die große Entwicklung doch achtlos hinweggeht. Wir müssen hinein in das Gefühl für Schicksalsgemeinschaft, in die vertrauensvolle Zusammenarbeit aller, in die klare Erkenntnis, daß sich die Leistungen und damit die Lebensbedingungen eines Volkes immer nur auf der Leistung des einzelnen aufbauen.

So erweitert sich das Buch von Dr. Köttgen zu einem Wegweiser für uns alle. Nicht in der blinden Übernahme dieser oder jener amerikanischen Einrichtung liegt der Fortschritt. Ohne die innere Einstellung, daß jeder einzelne als Teil des Ganzen zum Gedeihen beitragen muß, würde es bei einer Nachahmung äußerer Formen bleiben.

Die Rechenmaschinen und das Maschinenrechnen. Von Dipl.-Ing. Lenz, Oberregierungsrat und Mitglied des Reichspatentamtes. 2. Auflage. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1924. 108 Seiten, 42 Abb. Preis: kartonniert M 3,–.

Aus dem Inhalt: Die Rechenvorrichtungen für Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division. Geschichtliches über Rechenmaschinen. Die Hauptbestandteile und die Einteilung der Rechenmaschine. Die Additionsmaschine ohne und mit Handhebel- oder Motorantrieb. Die Sprossenradmaschinen. Die Staffelwalzenmaschinen.

Die Mercedes-Euklid-Maschinen. Die nach dem Multiplikationsprinzip arbeitenden Rechenmaschinen. Vergleichende Übersicht über alle Rechenmaschinensysteme. Die Schreib-Rechenmaschine.

Arbeitskunde. Grundlagen. Bedingungen und Ziele der wirtschaftlichen Arbeit. Unter Mitwirkung von O. Biener, A. Bloß, A. Fischer, H. Gaudig †, F. Giese, J. Handrick, W. Hellpach, H. Herxheimer, O. Hummel, Fr. Kölsch, O. Lipmann, K. Mühlmann, L. Preller, H. Reiter, E. Rosenstock, F. Sander. Herausgegeben von Johannes Riedel. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1925. 364 Seiten, 35 Abb. Preis: geh. M 13,—, geb. M 15,—.

Aus dem Inhalt: Geschichte der Arbeit. — Das Arbeitserlebnis und seine Wandlungen. — Arbeitshygienische Wirkungen der Wirtschaftsentwicklung und die gesundheitliche Lage der Gegenwart. — Praktische Wirtschaftspsychologie (Psychotechnik). — Sozialpolitik und Arbeitsrecht. — Wissenschaftliche Betriebsführung. — Anatomische und physiologische Grundlagen der Arbeit. — Psychologische Grundlagen der Arbeit. — Die hygienische Gestaltung der Arbeit. — Geopsychische Wirkungen in der Arbeit. — Die psychischen Wirkungen der menschlichen Umwelt. — Der Arbeitslohn. — Arbeitsmittel. — Arbeitsbewegungen. — Die Arbeitszeit. — Berufsarbeit und außerberufliches Leben in gesundheitlicher Beziehung. — Beruf und Freizeit in ihren kulturellen Zusammenhängen. — Erziehung und Arbeit. — Schule und Berufsarbeit. — Berufsberatung. — Auswahl und Verteilung der Arbeitskräfte. — Lehre und berufliche Schulen. — Die Schulung angelernter und ungelernter Arbeitskräfte. — Betriebserziehung. — Zur Methodik der Arbeitsuntersuchung.

Bücherei für Industrie und Handel. Band V. Die Organisation der Reklame. Von Dr. E. Lysinski, Privatdozent an der Handelshochschule Mannheim. Industrieverlag Spaeth & Linde, Berlin 1924. 121 Seiten, 12 Abb. Preis: geh. M 4,50, geb. M 5,50.

Aus dem Inhalt: Der Reklameetat. Begriff des Etats und Reklameetats. Zeitpunkt der Festsetzung und Geltungsdauer des Reklameetats. Höhe des Reklameetats. Geschätzte und statistisch ermittelte Werte der Höhe des Reklameetats. Die Abhängigkeit der Höhe des Reklameetats vom Typus des Betriebes, von der Konjunktur, vom Umsatz und vom Umfang der Konkurrenzreklame. Die Gliederung des Reklameetats. Die Durchführung der Reklame. Die Organisation der Inseratenreklame, der Plakatreklame, der Reisendentätigkeit und der Katalogreklame. Die Erfolgskontrolle der Reklame. Die Erfolgskontrolle der Reisendentätigkeit, der Verkäufertätigkeit, der Werbebriefreklame, der Drucksachenreklame und der Inseratreklame. Die Generalkontrolle.

Sprache der Technik. Übungen im Lesen technischer Zeichnungen, Modellier- und Skizzierübungen für Schüler und zum Selbstunterricht für jedermann. Von Ingenieur E. Baumgartner, Gewerbelehrer. Verlag G. Braun, G. m. b. H., Karlsruhe i. B., 40 Skizzenblätter, 8 Seiten Text. Preis: M 2,40.

Bei dieser neuen Arbeit des bekannten Verfassers tritt wiederum die Eigenart und die Einfachheit der Problemerfassung in Erscheinung. Kein ödes „Abzeichnen", sondern selbstschöpferisches Modellieren und Skizzieren der in origineller Weise aus einer Grundform selbst zu schaffenden Modelle. Wertvoll sind die praktischen Winke für die Herstellung parallelperspektivischer Skizzen. Die Anleitung ist so einfach und klar, daß wirklich „jedermann" das Lesen und Herstellen technischer Zeichnungen, das heute ein Stück Allgemeinbildung sein soll, dem Wesen nach kennen und begreifen lernt.

Schaltungen für Werkzeugmaschinen-Antriebe. Von Oberingenier B. Jacobi. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig 1924. 108 Seiten, 68 Abb. Preis: geh. M 3,50.

Aus dem Inhalt: Gleichstrom- und Drehstromschaltungen. Antriebe von Holzbearbeitungsmaschinen. Antrieb der Papierfabrikation und Papierverarbeitung. Antrieb von Textilmaschinen. Antrieb von Metallbearbeitungsmaschinen.

Wärme und Wärmewirtschaft der Kraft- und Feuerungs-Anlagen in der Industrie, mit besonderer Berücksichtigung der Eisen-, Papier- und chemischen Industrie. Von Wilhelm Tafel, ordentlicher Professor an der Technischen Hochschule zu Breslau. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1924. 363 Seiten, 123 Abb. und 2 Tafeln. Preis: geb. M 4,60.

Aus dem Inhalt: Die Hauptsätze der Wärmelehre als Grundlagen der Wärmewirtschaft. Dieselmotor. Gasmotor. Dampfmaschinen. Allgemeines über Feuerungen. Verluste und Wirkungsgrad der Feuerungen und ihre Beeinflussung. Leistung. Bau und Betrieb der Feuerungen. Raumheizung. Messungen an den Feuerungen. Eisenhüttenindustrie. Chemische Industrie und verwandte Betriebe (Papierfabrikation). Verschiedene Industrien.

Drahtlose Telegraphie und Telephonie in ihren physikalischen Grundlagen. Von Waldemar Ilberg. Mathematisch-physikalische Bibliothek. Band 62. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1925. 41 Seiten, 25 Abb. Preis: kartoniert M 1,—.

Aus dem Inhalt: Einiges aus der Elektrizitätslehre. Schwingungsvorgänge. Die Herstellung ungedämpfter Schwingungen. Der Empfang mit Hilfe der Elektronenröhre. Drahtlose Telephonie.

Lehrbuch der drahtlosen Telegraphie. Von Dr. J. Zenneck, ord. Professor der Physik an der Technischen Hochschule in München, und Dr. H. Rukop, Laboratoriumsvorstand von Telefunken, Gesellschaft für drahtlose Telegraphie. 5. Auflage, 902 Seiten, 775 Abb. mit zahlreichen Tafeln. Verlag von Ferdinand Enke, Stuttgart 1925. Preis, geh. M 34,50, in Leinen gebunden M 37,50.

Die 5. Auflage dieses jahrelang entbehrten Werkes ist durch einen zweiten Teil erweitert, der etwa den gleichen

Umfang hat wie der erste und in der Bearbeitung von Dr. Rukop die Elektronenröhren behandelt. Das Buch ist bestimmt für Physiker und Elektrotechniker, physikalische und technische Institute, die elektrotechnische Industrie, sowie die große Zahl derer, die beruflich oder aus Neigung sich mit der Radio-Telephonie beschäftigen. Ferner kommen als Leser in Betracht die mit der Herstellung und dem Vertrieb von Radio-Apparaten beschäftigten Unternehmen, Telegraphen- und Funkbeamte, sowie Lehrer.

Aus dem Inhalt: Eigenschwingungen von Kondensatorkreisen. Offene Oszillatoren. Der Wechselstromkreis hoher Frequenz. Gekoppelte Systeme. Resonanzkurven. Die Antenne. Sender für gedämpfte Schwingungen. Hochfrequenzmaschinen für ungedämpfte Schwingungen. Ungedämpfte Schwingungen nach dem Lichtbogenverfahren. Die Ausbreitung der Wellen längs der Erdoberfläche. Die Detektoren. Empfänger. Gerichtete Telegraphie. Drahtlose Telephonie. Vakuumröhren. Literaturnachweis.

Deutscher Kalender für Elektrotechniker. Begründet von F. Uppenborn. Herausgegeben von Dr.-Ing. e. h. G. Dettmar, ordentl. Professor an der Technischen Hochschule Hannover. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1925. 42. Jahrgang 1925/1926. 683 Seiten, 300 Abb. Preis geb. M 5,—.

Mehrere Abschnitte sind stark verändert worden. In dem über Elektrizität wurde der theoretische Teil über Elektrotechnik eingeschoben und im Abschnitt über Messungen sind die Meßgeräte und Meßwandler ganz neu bearbeitet worden. Maschinen und Transformatoren sind stark erweitert, entsprechend dem neuen REM und RET des V.D.E. Ebenso wurden die Apparate auf Grund der neuen REA und der Heizgeräte-Normen des V.D.E. ergänzt. Eine sehr starke Erweiterung erfuhr der Abschnitt XII durch die Neubearbeitung der Wasserkraftanlagen, während die Beleuchtung, der neueren Entwicklung entsprechend, umgearbeitet worden ist.

Die neue Ausgabe erschien für die Jahre 1925 und 1926.

Physik in graphischen Darstellungen. Von Felix Auerbach. Verlag B. G. Teubner, Berlin und Leipzig 1925. 2. Auflage, XII und 29 Seiten, 1557 Abb. auf 257 Tafeln. Preis geb. M 14,—.

Aus dem Vorwort: In dem Werk ist zum ersten Male die graphische Darstellung als ausschließliche Form gewählt, und es ist versucht worden, das ganze Gebiet der Physik mit ihr zu umspannen, natürlich mit derjenigen Auswahl, auf die eine Beschränkung geboten war, mit Rücksicht auf den Umfang, den das Buch nicht überschreiten durfte, wenn es Gemeingut derer werden sollte, die sich für die Gesetze und zahlenmäßigen Verhältnisse der physikalischen Erscheinungen interessieren. Bei der Auswahl des Stoffes wurde zwar das Altbekannte und Grundlegende nach Gebühr berücksichtigt, besonderer Wert aber auf die Darstellung der neuesten Fortschritte und des neuesten Standes der Dinge gelegt.

Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. II. Experimentelle Elektrochemie. Meßmethoden, Leitfähigkeit, Lösungen von Dr. Heinrich Danneel, Privatdozent an der Universität Rostock. Sammlung Göschen, Band 253. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1925. 131 Seiten, 26 Abb. und mehrere Tafeln. 3., völlig umgearbeitete Auflage. Preis: geb. M. 1,25.

Aus dem Inhalt: Messung der Elektrizitätsmenge. Messung der Stromstärke. Widerstandsmessungen. Leitfähigkeitsmessungen. Überführungsmessungen und Ionengeschwindigkeiten. Messung von Dielektrizitätskonstanten. Messung von elektromotorischen Kräften. Messung der Polarisation. Metallische Leitfähigkeit. Wärme- und Elektrizitätsleitung. Leitfähigkeit von Lösungen. Dissoziationskonstante. Elektroaffinitätstheorie. Hydrolyse. Indikatorentheorie.

Fernmeldeleitungen beim elektrischen Zugbetrieb der deutschen Reichsbahn. (Beiträge zur Frage der Schwachstromstörungen durch Wechselstrombahnen.) Herausgegeben im Auftrage der Deutschen Reichsbahngesellschaft und des Reichspostministeriums. Von Otto Brauns, Ministerialrat im Reichspostministerium, und Wilhelm Wechmann, Reichsbahndirektor und Mitglied der Hauptverwaltung der Deutschen Reichsbahngesellschaft. V. D. I.-Verlag, Berlin 1925. 99 Seiten, 37 Abb. Preis: geh. M. 6.—.

Aus dem Vorwort: Auf eine Einladung des Deutschen Reichsverkehrs-Ministeriums sind im Oktober 1923 von Beauftragten der Eisenbahnverwaltungen von Schweden, Norwegen, Oesterreich, Schweiz und Deutschland und von Vertretern aus der elektrischen Industrie die elektrisch betriebenen Strecken der Riesengebirgsbahn in Schlesien besichtigt worden, aus welchem Anlaß die Frage der Schwachstromstörungen durch Vorträge und Aussprachen eingehend erörtert wurde. Zweck des Buches ist es, die Vorträge und das Wichtigste aus den anschließenden Erörterungen einem größeren Kreise zugänglich zu machen.

Aus dem Inhalt: Geschichtliche Entwicklung der deutschen Versuche über Schwachstromstörungen durch Wechselstrombahnen. Von Ministerialrat Brauns. Maßnahmen gegen die Beeinflussung von Bahnfernmeldeleitungen durch Wechselstrombahnen. Von Reichsbahnrat Schlemmer. Beeinflussung von Fernmeldeleitungen der Reichspost durch Wechselstrombahnen. Von Postrat Dr. Jäger. Über den Einfluß des Kabelmantelstromes auf die induzierten Spannungen. Von Direktor F. Lüschen. Meßverfahren zur Kennzeichnung von Geräuschstärken und der Störwirkung von Starkstromanlagen. Von Direktor F. Lüschen. Versuche an den auf der Strecke Hirschberg—Grüntal verlegten Versuchskabel mit Induktionsschutz. Von Oberingenieur Zastrow.

Berichtigung.

Die Mitteilung „13000 kVA-Dieselmotorgenerator" (Heft 3, 1925, S. 146) wird dahin richtiggestellt, daß die Blindleistung der Maschine nicht 1200 BkVA, sondern 12000 BkVA ist.

Der Spannungsbereich dieses größten bis jetzt von einem Dieselmotor angetriebenen Generators ist 6000 bis 6600 V und nicht 6000 bis 6300 V.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.



SIEMENS-ZEITSCHRIFT

SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT

SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

7. HEFT • BERLIN / JULI 1925 • JAHRGANG 5

Die Stromquellen für den elektrischen Betrieb der Reichsbahnen in Bayern

Von Dipl.-Ing. J. Kröppelin, Oberingenieur in der Abteilung Zentralen der SSW.

Die Energie für die schon elektrisch betriebenen und die noch zu betreibenden bayrischen Reichsbahnstrecken wird von Wasserkräften geliefert, die in Bayern glücklicherweise in reichem Maße zur Verfügung stehen. Schon vor dem Kriege wurde in den Jahren 1907 bis 1908 das Kraftwerk Gartenau bei Berchtesgaden, welches das Gefälle der Berchtesgadener Ache, eines Nebenflusses der Salzach, ausnutzt, für den Betrieb der Lokalbahnen Berchtesgaden—Schellenberg und Berchtesgaden—Königssee gebaut. Die elektrische Ausrüstung dieses Kraftwerkes wurde vollkommen von den SSW geliefert. Auch das staatliche Saalach-Kraftwerk bei Reichenhall für den elektrischen Betrieb der Vollbahn Berchtesgaden—Reichenhall—Salzburg, für das die SSW ebenfalls den größten Teil der elektrischen Einrichtungen erstellten, wurde noch vor dem Kriege in den Jahren 1910 bis 1913 gebaut.

Die bedeutendsten Anlagen für die Stromversorgung der bayrischen Bahnen sind zur Zeit die nach dem Kriege begonnenen Wasserkraftwerke des Walchenseewerkes und der mittleren Isar. Beide Anlagen sind in baulicher, maschinentechnischer und elektrischer Hinsicht sehr bemerkenswert und für die deutsche Volkswirtschaft von großer Bedeutung. Schon häufig sind sie von berufener Feder sowohl in ihrer Gesamtanlage als auch in ihren einzelnen Teilen beschrieben. Im folgenden beschränken wir uns deshalb darauf, von den umfangreichen Lieferungen der SSW für diese Anlagen die wesentlichsten Teile kurz zu beschreiben, soweit sie der Versorgung der Reichsbahnen mit elektrischer Energie dienen.

Bild 1. Walchenseewerk mit Rohrbahn und Wasserschloß.

Das Walchenseewerk (Bild 1) nutzt als Hochdruck-Kraftanlage das große Gefälle von 200 m zwischen dem Walchensee und dem Kochelsee aus und stellt von der rund 180 Millionen kWh betragenden jährlichen Gesamterzeugung $^1/_3$ für den elektrischen Bahnbetrieb zur Verfügung. Dementsprechend ist das Walchenseewerk in eine Drehstrom- und eine Einphasenanlage geteilt. Der Einphasenteil enthält 4 Generatoren, von denen zwei durch die SSW geliefert wurden (Bild 2).

Angetrieben werden die Einphasengeneratoren durch direkt gekuppelte Freistrahl-Zwillingsturbinen von je 18000 PS-Leistung mit 250 Umdr/min. Die Generatoren sind jeder für eine normale Dauerleistung von 10650 kVA bei einem Leistungsfaktor von 0,75 und der Frequenz $16^2/_3$ bemessen. Die Leistung der 4 Gene-

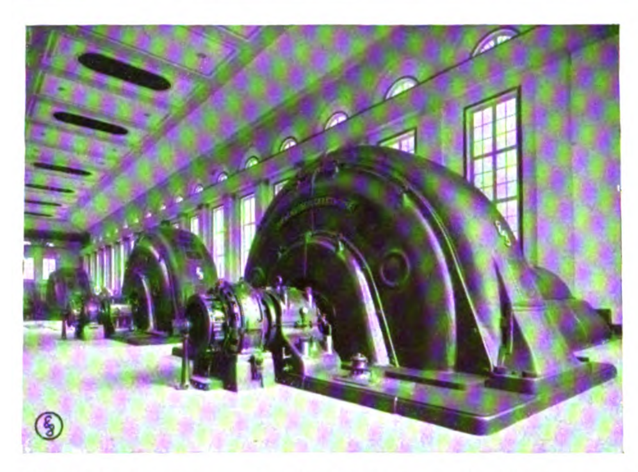


Bild 2. Walchenseewerk, Maschinenhalle, im Vordergrund zwei Einphasengeneratoren der SSW.

ratoren wird durch 4 Einphasen-Transformatoren von 6600 V auf 110000 V umgespannt und mit dieser Spannung über das Leitungsnetz der Bahn den Bahnunterwerken zugeführt. Sowohl die Transformatoren als auch die 110000 V-Schaltanlage wurden von den SSW erstellt. Die Leistung jedes Generators kann auf 16000 kVA während einer Stunde und auf 20000 kVA während 3 Minuten gesteigert werden, nachdem bereits die durch die normale Dauerleistung bedingte Erwärmung erreicht ist. Die Spannung ist zwischen 5700 und 6900 V regelbar.

messungen, würde doch bei voller Ausnutzung des Materials in elektromagnetischer Hinsicht mit Drehstrom von 50 Per. die Leistung eines Generators fast 60000 kVA ausmachen. So hat der Ständer einen Außendurchmesser von 7360 mm, das Gesamtgewicht der Maschine beträgt rd. 273 t, der Läufer wiegt 118 t, sein Schwungmoment ist 600 tm².

Den konstruktiven Aufbau des Generators zeigt Bild 3.

Der Ständer ist vierteilig und mit Ganzkapselung ausgeführt. Der wirksame Eisenkern ist in der üblichen Weise aus segmentförmig gestanzten, genuteten Blechen zusammengesetzt, die durch Papier voneinander isoliert sind und deren Stoßfugen gegeneinander versetzt werden. Durch Zwischenstege, die in regelmäßigen Abständen in das Blechpaket eingelegt sind, werden Luftkanäle gebildet, durch die das Eisen und die Wicklungen des Ständers gekühlt werden. Starke Druckplatten und zahlreiche isolierte Bolzen pressen die Bleche zusammen. An den Stirnflächen sind die Zähne des Blechpaketes besonders abgestützt, um sie gegen Vibration unter dem Einfluß des magnetischen Wechselfeldes zu schützen.

In elektrischer Hinsicht wurde bei dem Bau

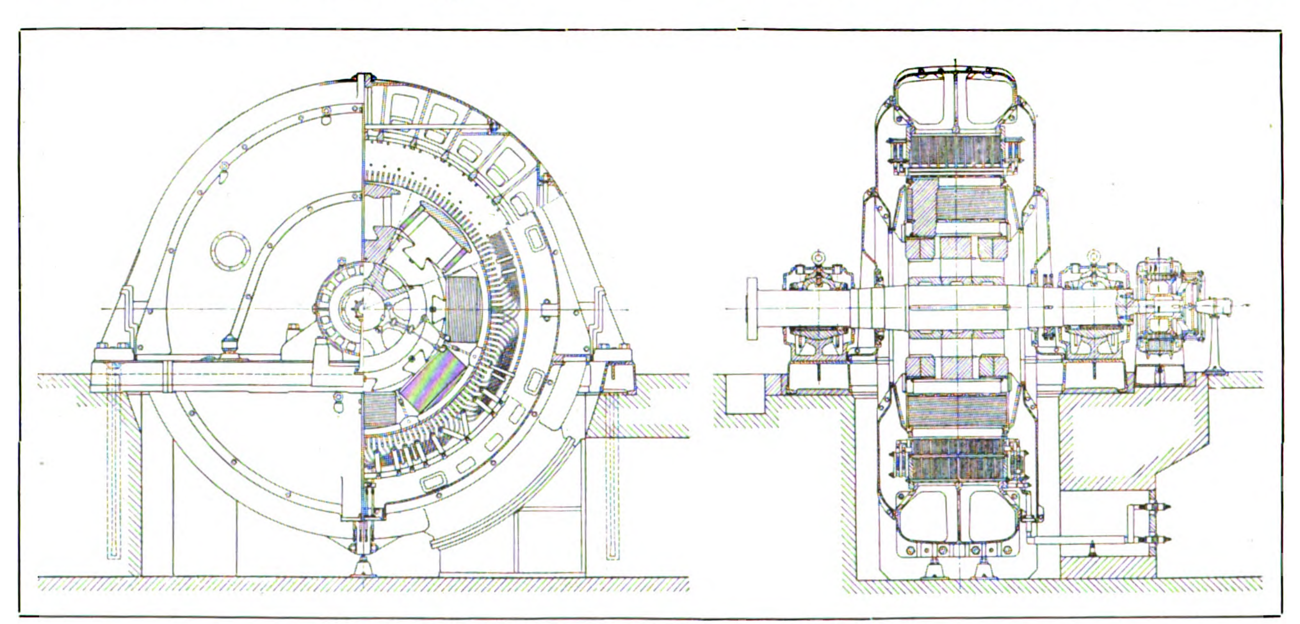


Bild 3. Einphasengenerator für das Walchenseewerk.

Die genannten Leistungswerte bedingen bei der verhältnismäßig niedrigen Drehzahl und Frequenz Maschinen von sehr erheblichen Ab-

der Generatoren auf möglichst niedrige Zusatzverluste und möglichst weitgehende Reinheit der Spannungskurve besonderer Wert gelegt.

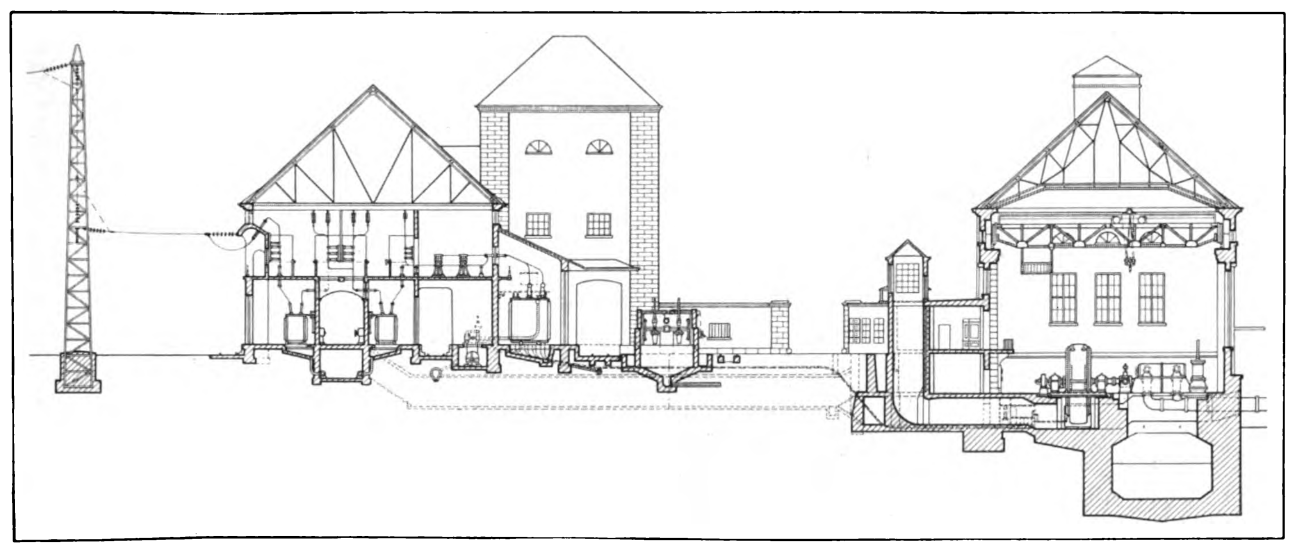


Bild 4. Schnitt durch den Einphasenteil des Walchenseewerkes.

Erreicht wurde dies durch die Verwendung einer besonderen Stabwicklung mit verkürztem Schritt, sowie durch eine sehr kräftig gehaltene Dämpferwicklung in den Polschuhen. Die gewählte Stabwicklung mit zwei Stäben in der Nut sowie die kräftige Versteifung der Wicklungsköpfe geben die beste Gewähr dafür, daß die im Bahnbetrieb vorkommenden Stoßbelastungen ohne Schaden von den Maschinen ausgehalten werden können.

Der Läufer, der einer Festigkeit entsprechend einer Umdrehungszahl von 450/min zu genügen hat, besteht aus einer dreiteiligen Stahlgußnabe, die auf die Welle aufgeschrumpft ist. Auf diese Zwischennabe wurden 6 geschmiedete Platten aus Siemens-Martin-Stahl warm aufgezogen, welche die mit Schwalbenschwanz befestigten 8 Pole tragen. Jeder Pol wiegt etwa 7,7 t, die Fliehkraft eines Poles beträgt etwa 2750000 kg.

Die Pole bestehen aus geschmiedetem Siemens-Martin-Stahl und haben einen rechteckigen Querschnitt. Polschuhe und Polschaft sind aus einem Stück gefertigt. Die Wicklung der Pole besteht aus hochkant gebogenem Flachkupfer, dessen einzelne Lagen durch imprägniertes Papier voneinander isoliert sind. Da das blanke Kupfer unmittelbar mit der Luft in Berührung kommt, gewährt diese Polwicklung eine gute Kühlung, sie hat dabei eine hohe Festigkeit.

Außer den obenerwähnten Leistungsbedingungen waren noch folgende Forderungen an die Generatoren gestellt, um eine möglichst innige Anpassung an die Erfordernisse des Betriebes und eine weitestgehende Betriebssicherheit zu erreichen. Die zulässige Kapazitätsbelastung soll 1600 BkVA bei 6600 V betragen, wobei die Spannung bis 5000 V mit quadratisch abnehmender Leistung herabregelbar ist. Der Dauerkurzschlußstrom soll das 2,6fache des Nennstromes bei einer Belastung mit 10650 kVA, 6600 V, $\cos\varphi = 0{,}75$ und der Stoßkurzschlußstrom das etwa 12fache des Nennstromes nicht überschreiten. Benachbarte Windungen der Ständerwicklungen sollen eine Prüfspannung mit 7000 V aushalten. Die Ständerwicklung der fertigen Maschine ist mit 15000 V eine Minute lang gegen Erde zu prüfen.

Jeder Generator hat eine angebaute Erregermaschine nach Patent Ossanna, dessen Prinzip auf der Erzeugung einer konstanten und einer variablen Spannung beruht, die zu einer resultierenden, variablen Erregerspannung vereinigt werden. Diese Schaltung ermöglicht es, den Erregerstrom von seinem Maximalwert bis Null und darüber hinaus bis auf einen für vollkommene Entregung erforderlichen Minuswert zu regeln, ohne daß die Maschine ihr stabiles Gleichgewicht verliert. Jede Erregermaschine leistet bei einer höchsten Erregerspannung von 220 V 90 kW dauernd, 117 kW 1 Stunde und 154 kW 3 Minuten lang.

Der erste der beiden Generatoren befindet sich seit Ende Oktober 1924 in ununterbroche-



Bild 5. Walchenseewerk, Einphasenteil, Transformatorzelle für 110 kV.

nem, ungestörtem Betrieb. Der zweite ist seit Ende März 1925 betriebsfertig aufgestellt und noch vor Ostern 1925 dem Betrieb übergeben.

Der Schnitt durch den Einphasenteil des Walchenseewerkes (Bild 4) zeigt die räumliche Trennung von Maschinenhalle und Hochvolthaus. Jeder Generator ist mit den 6600 V-Klemmen des ihm zugehörigen Transformators durch mehrfach parallel geschaltete Kabel unter Zwischenschaltung von Strom- und Spannungswandlern direkt verbunden. Diese Meßwandler sind in den Fundamentgruben der Generatoren untergebracht und dienen zum Anschluß der Meß-, Zähl- und Synchronisier-Instrumente sowie der für den Generatorschutz erforderlichen Apparate. Letztere bewirken bei Synchronisierfehlern, Windungs-, Gestellschluß und schweren Beschädigungen im Generator, unzulässiger Spannungssteigerung sowie bei Überlastung ein selektives Abschalten des davon betroffenen Generators.

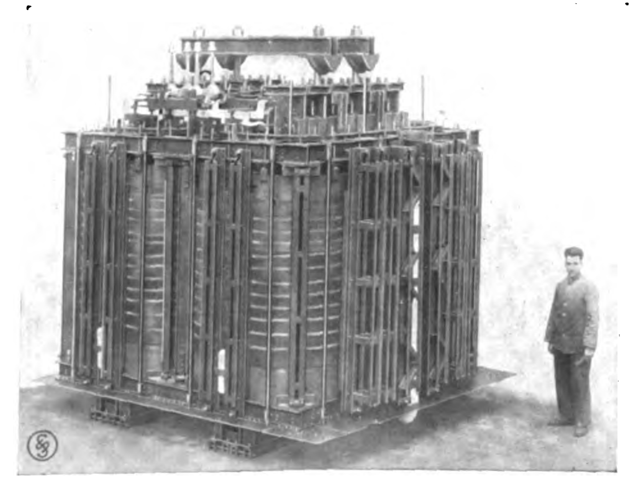


Bild 6. Kern eines Einphasentransformators für das Walchenseewerk.

Das Hochvolthaus enthält die Transformatoren- und die 110 kV-Schaltanlage. Beide sind durch einen überbauten Gang getrennt, der die Ölkühlanlage für die Transformatoren und ein Transportgleis enthält. Die Transformatoren sind in je einer Zelle untergebracht (Bild 5) und sind nach außen ausfahrbar. Vor den Transformatorenzellen verläuft ebenfalls ein Transportgleis.

Die Einphasen-Transformatoren sind als Kerntype für eine Leistung von 10650 kVA ausgeführt, das Übersetzungsverhältnis ist 6900/122 500 V im Leerlauf, die Frequenz $16^2/_3$. Der Eisenkern besteht aus stumpf aneinander gestoßenen Kernen und Jochen, die durch eine kräftige Verspannungskonstruktion zusammengehalten werden. Diese Verspannung ist von den SSW seit vielen Jahren allgemein für Kerntransformatoren angewendet und hat sich bestens bewährt. Jeder Schenkel wird durch Zugbolzen, welche durch die Kanäle des Eisenkernes hindurchgehen und kräftig isoliert sind, gleichmäßig gegen die Joche gepreßt. Das wirksame Eisen besteht aus hochlegierten Transformatorenblechen. Der Kernquerschnitt hat rechteckige Form. Zahlreiche Kanäle sorgen für eine gute Kühlung des Eisenkörpers. Die Wicklung ist eine doppeltkonzentrische Röhrenwicklung. Starke Isolationszylinder gewährleisten eine hohe Spannungssicherheit der Wicklungen gegeneinander und gegen Eisen. Auch die Wicklung enthält reichlich bemessene Kühlkanäle, die vom Öl durchspült werden. Die Windungsisolation ist so bemessen, daß die Eingangswindungen der Hochspannungswicklung 5 Sekunden lang mit 120 kV und die übrigen mit 70 kV, eine Windung gegen die andere, geprüft werden können. Die Unterspannungswicklung hält die volle Betriebsspannung zwischen je zwei Windungen aus (Bild 6).

Besondere Berücksichtigung bei der Bemessung der Kurzschlußversteifungen erforderte der Verwendungszweck der Transformatoren im Bahnbetrieb. Kräftige U-Eisenträger schützen die Wicklungen gegen Deformationen. Die Oberspannungswicklung ist durch eine Zentralverspannung, die aus einer Anzahl von Spindeln mit Zahnrädern und Zahnketten besteht, in axialer Richtung nachspannbar. Das Nachspannen kann durch Drehen an einer Spindel, die durch den Deckel geführt ist, von außen erfolgen, ohne daß der Kessel geöffnet werden müßte.

Die Hochvoltdurchführungen sind Papierklemmen, über die mit Öl gefüllte Porzellankörper gestülpt sind. Diese Durchführungen halten eine Prüfspannung von 250 kV während einer Minute aus. Die Unterspannungsdurchführungen sind reine Porzellanklemmen und genügen einer Prüfspannung von 55 kV eine Minute lang.

Der Kessel besteht aus Schmiedeisenblech, seine größten Abmessungen sind in der Länge rund 5000 mm, in der Breite 3500 mm und in der Höhe einschl. der Transporträder ohne Klemmen rd. 4000 mm. Da diese Abmessungen das Ladeprofil überschreiten, wurde der Kessel an Ort und Stelle aus einzelnen Blechtafeln autogen zusammengeschweißt. Der Transformatorkern hingegen wurde vollständig zusammengebaut auf einem Sonderwagen befördert.

Die Kühlung der Transformatoren wird durch eine in fließendem Wasser liegende Kühlschlange bewirkt. Für den Ölumlauf sorgt eine elektrisch betriebene Zentrifugalpumpe, die das Öl aus dem oberen Kesselteil absaugt und unten wieder in den Transformator hineindrückt. Infolge der hierdurch bedingten kräftigen Ölbewegung wird eine gute gleichmäßige Kühlung sämtlicher Teile des Transformators erreicht. Die Erwärmung beträgt im Kupfer bei 10650 kVA Dauerlast 50° C Übertemperatur, wobei eine Kühlwassermenge von etwa $14\frac{1}{2}$ m^3/h verbraucht wird. Für die Überwachung der Öltemperatur dient ein Widerstandsthermometer in einem Eintauchrohr auf dem Deckel, ein gleiches Rohr enthält einen Gefahrmelder, der bei Überschreitung einer bestimmten Öltemperatur ein elektrisches Signal gibt. In die Rohrleitung zur Kühlschlange ist ein Ölumlaufanzeiger eingebaut, der etwaiges Versagen der Pumpe anzeigt.

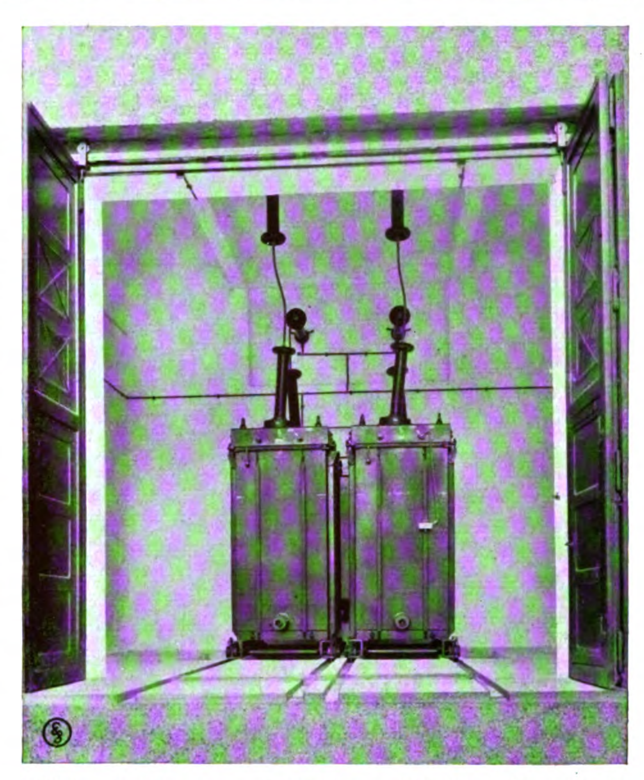


Bild 7. Walchenseewerk, Einphasenteil, Ölschalterzelle für 110 kV.

Sämtliche Transformatoren sind mit Ölkonservator ausgerüstet, deren Funktion als bekannt vorausgesetzt wird.

Wissenswert dürften noch die Gewichte der einzelnen Teile sein:

Der Transformatorkern mit Wicklung und Versteifung wiegt	etwa 63 500 kg,
der Ölkessel mit Deckel und Armaturen	„ 11 700 „ ,
das Öl zur Füllung des Transformators	„ 22 000 „ ,
der Ölkonservator	„ 425 „ ,
die Kühlschlange	„ 5 600 „ ,
der Pumpensatz	„ 1 060 „ ,
das Öl für die Kühlschlange und den Konservator . . .	„ 3 450 „ .

Im Anschluß an dauernden Vollastbetrieb mit 10 650 kVA können die Transformatoren eine Stunde lang mit 16 000 kVA und im Anschluß an diese Belastung drei Minuten lang mit 20 000 kVA belastet werden, ohne daß die Übertemperatur der Wicklung höher wird als 70° über die des zuströmenden Kühlwassers, sie entsprechen in ihrer Überlastungsfähigkeit damit den Generatoren.

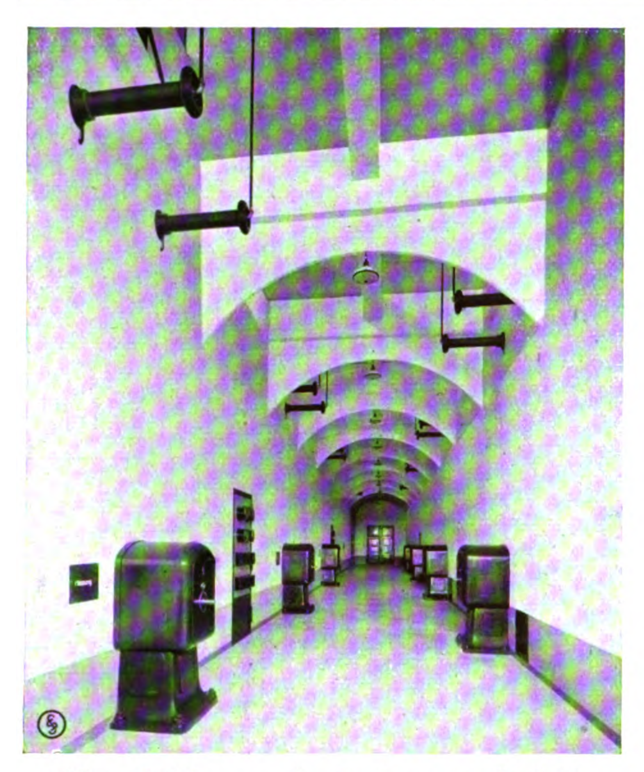


Bild 8. Walchenseewerk, Einphasenteil, Ölschalterbedienungsgang.

Das Schaltbild der Hochvoltanlage ist denkbar einfach. Wie schon oben erwähnt, ist jeder Generator mit seinem zugehörigen Transformator direkt verbunden und bildet mit diesem eine Einheit. Die vier Einheiten Generator + Transformator arbeiten über je 1 Ölschalter und 2 zweipolige Trennschalter auf ein Doppelsammelschienensystem, von dem die 110 kV-Freileitungen ebenfalls über Trennschalter und Ölschalter die elektrische Energie abführen. Die beiden Sammelschienen werden im späteren Ausbau über einen Kuppelschalter verbunden (Bild 4).

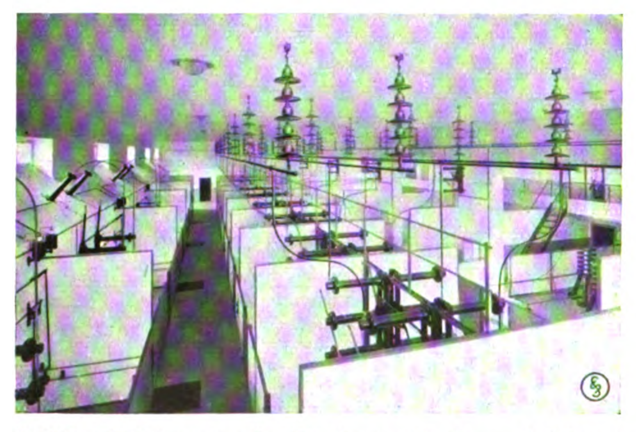


Bild 9. Walchenseewerk, Einphasenteil, Sammelschienenraum, Trennschalter.

Die 110 kV-Ölschalter sind normale Zweikessel-Schutzschalter mit Vorkontakten und in die Kessel eingebauten Widerständen. Beide Kessel haben einen gemeinsamen Schaltmotorantrieb, der vom Kommandoraum aus ferngesteuert wird. Die Schalterdurchführungen sind als Stromwandler zum Anschluß von Meßgeräten und Relais ausgebildet. Die Schalter sind nach dem Kammersystem je in einer Ölschalterkammer angeordnet (Bild 7). Diese Kammern befinden sich, ebenso wie die Transformatoren, im Erdgeschoß zu beiden Seiten eines unterkellerten Bedienungsganges (Bild 8), in dem sich nur die Schalterantriebe befinden. Der Kellerraum dient zur Aufnahme der Ölabflußrohre sowie der Meß-, Steuer- und Signalleitungen. Die Ölschalter sind aus den Kammern nach außen ausfahrbar, vor beiden Reihen der Schalterkammern läuft ein Transportgleis. Im Erdgeschoß sind also sämtliche schweren ölgefüllten Apparate in abgeschlossenen Kammern aufgestellt, die nur von außen zugänglich und durch leichte Türen verschlossen sind. Dieses Kammersystem gewährleistet eine große Feuersicherheit bei qualmfrei bleibenden Hauptgängen des ganzen Baues.

Im Obergeschoß sind die Sammelschienen in Form von Röhren mittels Hängeketten an der Dachkonstruktion aufgehängt (Bild 9); hier befinden sich auch die Trennschalter für die Abzweige von den Sammelschienen, die so angeordnet sind, daß sie von dem darunterliegenden und nach oben offenen Bedienungsgang der Ölschalter aus übersehen werden können. An der den Transformatoren gegenüberliegenden Außenwand des Schalthauses befinden sich die normal angeordneten Freileitungsausführungen mit ihren Trennschaltern. Die einzelnen Gruppen der Trennschalterabzweige sind durch leichte Wände voneinander getrennt. Durch diese Trennwände wird, ebenso wie durch das im Erdgeschoß durchgeführte Kammersystem, ein hoher Grad von Sicherheit für das Bedienungspersonal bei Putz- und Kontrollarbeiten sowie bei erforderlich werdenden Erweiterungen und Umbauten erreicht.

Sämtliche 110 kV-Durchführungen bestehen aus Repelit und sind nach dem Kondensator-

prinzip gebaut, sie haben eine Meßschelle, die es ermöglicht, den Ladestrom einer Teilkapazität abzunehmen und ihn unter Zwischenschaltung eines Stromwandlers für Meßzwecke zu verwenden. Von dieser durch Patent geschützten Einrichtung ist in weitgehendem Maße Gebrauch gemacht, sie wird zur Spannungsmessung, zur Erdschluß-Überwachung und zum Synchronisieren benutzt. Es wird hierdurch der Einbau von 110 kV-Spannungswandlern ganz erspart.

Die Anlagen der „Mittleren Isar" nutzen das rund 90 m betragende Gefälle der Isar von München bis Moosburg aus. Hier ist bereits 1907 von der Stadt München das Uppenborn-Kraftwerk errichtet, für das die SSW die Generatoren, Transformatoren und 50 000 V-Schaltanlage seinerzeit lieferten. Die Energie des Gesamtgefälles wird in 4 Kraftwerken gewonnen, von denen vorerst nur 3 Werke ausgebaut sind bzw. der Vollendung ihres Ausbaues entgegengehen. In dem Kraftwerk II Aufkirchen und Kraftwerk III Eitting wird ein Teil der anfallenden Wasserkraft in elektrische Energie für die Stromversorgung der Reichsbahn durch Einphasengeneratoren umgeformt, und zwar erhält jedes Kraftwerk je 2 Generatoren, jedoch ist der Einbau des zweiten Generators im Kraftwerk Eitting erst für spätere Zeit vorgesehen. Ebenso wie im Walchenseewerk wird auch bei diesen Anlagen der Mittleren Isar der Einphasenstrom von der Generatorspannung auf 110 000 V umgespannt. Von den SSW wurden bzw. werden die sämtlichen für beide Kraftwerke erforderlichen Einphasen-Transformatoren und — außer zwei Drehstromgeneratoren — auch der Einphasengenerator für das Kraftwerk Eitting geliefert. Der als Schirmgenerator ausgeführte Stromerzeuger wird mit einer Vertikalturbine von 12700 PS-Leistung bei 166 minutlichen Umdrehungen direkt gekuppelt. Er ist elektrisch für 12 000 kVA, $\cos \varphi = 0,7$ und für 6300 V bis 6600 V bei $16^2/_3$ Per gebaut. In mechanischer Hinsicht muß er einer Festigkeit entsprechend einer Drehzahl von 340/min genügen.

Bild 10 zeigt den mechanischen Aufbau des Generators. Das Ständergehäuse ist vierteilig und vollkommen gekapselt. Es ruht mit seiner Grundplatte direkt auf dem Generatorengewölbe aus Beton. Sein Außendurchmesser beträgt 7500 mm. Der innere Durchmesser des Ständers ist so groß gewählt, daß der untere Armstern des Generators sowie die Leitradglocke und das Laufrad der Turbine ohne Demontage des Ständers nach oben herausgehoben werden können.

Der wirksame Eisenkern des Ständers ist in gleicher Weise aufgebaut, wie oben bei dem Walchensee-Generator beschrieben, die Ständerwicklung ist als Stabwicklung mit 2 Stäben je Nut ausgeführt, die Nuten sind offen, um bei der vertikalen Bauart eine leichte Auswechselbarkeit der Stäbe zu ermöglichen. Zur dauernden Überwachung der Erwärmung sind im Ständereisen 2 Quarzglaswiderstands-Thermometer eingebaut, sie liegen auswechselbar in der Maschinenmitte, in Aussparungen des Blechpaketes, die bis ins Zahneisen reichen, und geben die Temperatur in unmittelbarer Nähe der Kupferwicklung an. Die jeweilige Erwärmung ist an einem Temperatur-

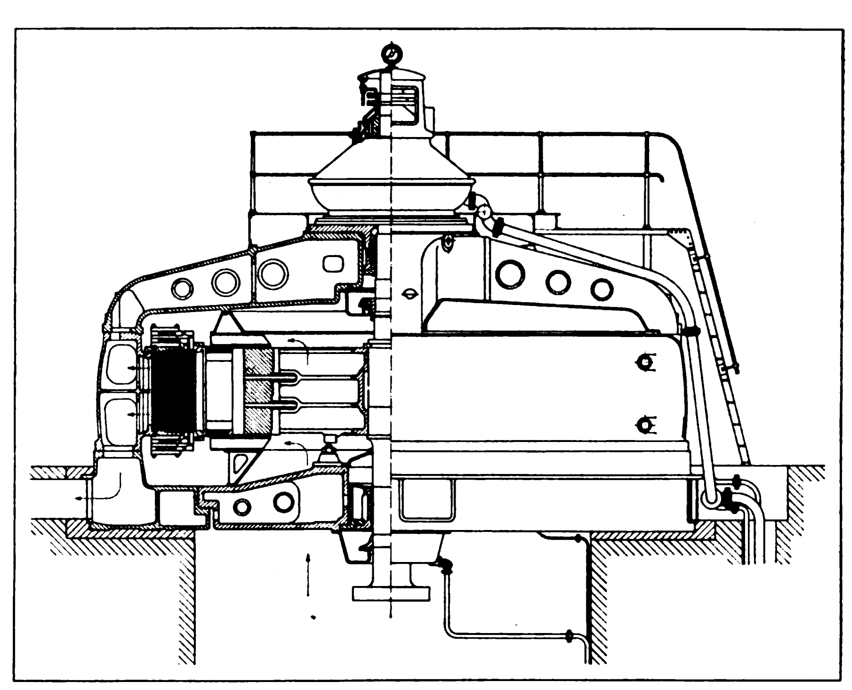


Bild 10. Einphasengenerator für das Kraftwerk Eitting der „Mittleren Isar".

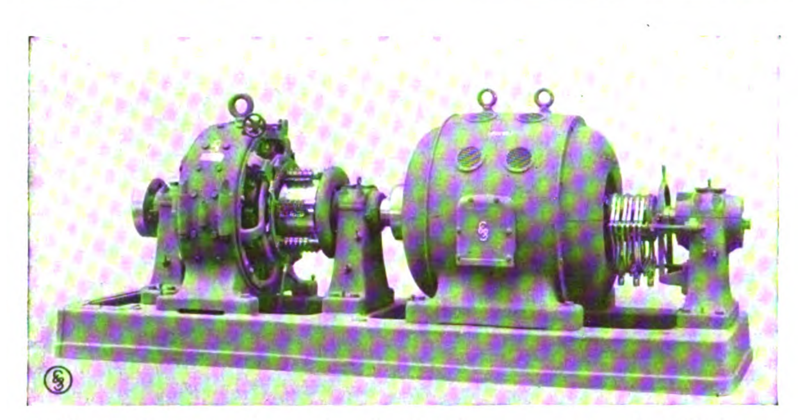


Bild 11. Erregerumformer für den Einphasengenerator der „Mittleren Isar".

zeiger, auf den die einzelnen Widerstands-Thermometer geschaltet werden, an der Schalttafel abzulesen. Der Läufer besteht aus einer Stahlgußnabe, auf die 3 geschmiedete Ringe aufgeschrumpft sind, die in schwalbenschwanzartigen Nuten die 12 Pole tragen. Die Nabe wird auf die Welle aufgepreßt und noch durch Tangentialkeile gesichert. Das Gewicht des Läufers beträgt etwa 120 t, wobei ein Pol etwa $4^1/_2$ t wiegt; sein Schwungmoment ist 1500 tm^2. Die Pole erhalten eine gleiche Wicklung wie beim Walchensee-Generator, die Polschuhe sind mit einer kräftigen Käfig-Dämpferwicklung ausgerüstet. Die Führungslager des Läufers werden von einem unteren und oberen Armstern aufgenommen, auf dem letzteren ruht außerdem das Spurlager, welches das Gewicht der umlaufenden Teile von Generator und Turbine sowie den hydraulischen Schub zu tragen hat. Die Schleifringe des Läufers liegen oberhalb dieses Spurlagers und sind von der das Spurlager umgebenden Bedienungsbühne während des Betriebes leicht zu überwachen. Das Gesamtgewicht des Generators beträgt rund 308 t.

Für die Erregung ist ein besonderer Erregerumformer aufgestellt, bestehend aus der Erregermaschine für 120 kW-Leistung bis 220 V höchster Spannung nach Patent Ossanna, dessen Prinzip bereits oben beim Walchensee-Generator beschrieben wurde, sie ist auf der einen Seite mit einem Asynchron-Motor und auf der anderen Seite mit einer Ölpumpe für den Turbinenregler gekuppelt. Der Motor ist so eingerichtet, daß er mit Drehstrom anläuft und nach dem Anlauf auf 6600 V Einphasenstrom umgeschaltet wird. Der Maschinensatz läuft mit 1000 Umdr/min. Bild 11 zeigt Motor und Erregermaschine, ohne die Ölpumpe.

Die drei für die beiden Kraftwerke Aufkirchen und Eitting bestimmten Einphasentransformatoren übersetzen die Generatorspannung von 6600 V im Leerlauf auf 123500 V. Sie haben eine Dauerleistung von 12000 kVA bei einer normalen Übertemperatur im Kupfer von 70° C über der Temperatur des zufließenden Wassers. In ihren Abmessungen und dem Aufbau entsprechen sie vollkommen den für das Walchenseewerk bestimmten und bereits oben beschriebenen Transformatoren.

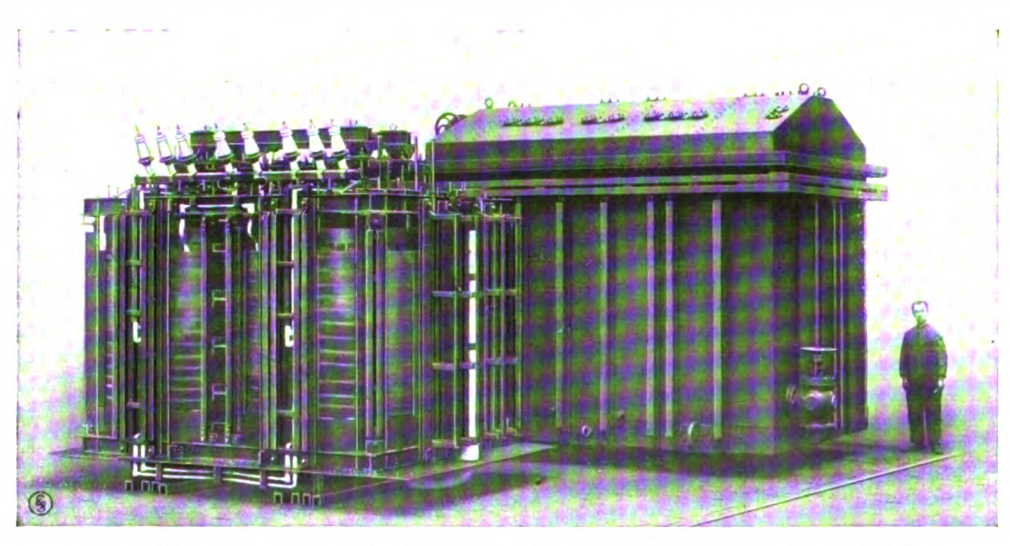


Bild 12. Kern und Kessel der Einphasengeneratoren für die Bahnunterwerke.

Die vom Walchenseewerk und der Mittleren Isar gelieferte Einphasenstrom-Energie wird über das 110 kV-Einphasenbahnnetz den einzelnen Bahnunterwerken zugeführt, von denen bisher zwei Werke, nämlich Murnau und Pasing, ausgebaut und in Betrieb

gesetzt sind. In diesen Unterwerken wird die Energie von 110 kV auf die Fahrdrahtspannung von 15 000 V im Mittel umgespannt. Die in beiden Werken aufgestellten Transformatoren wurden von den SSW geliefert. Es erhielten Murnau 2 Stück und Pasing 3 Transformatoren, die jeder 5000 kVA leisten. Diese Transformatoren entsprechen in ihrem Aufbau den für das Walchenseewerk und die Mittlere Isar gelieferten, so daß auf die früheren Ausführungen verwiesen werden kann. Lediglich ihre Abmessungen sind kleiner entsprechend der geringeren Leistung. Um das Bahnprofil einzuhalten und nach Möglichkeit auszunutzen, erhielten sie dem Bahnprofil angepaßte Schrägdeckel. Die Transformatoren konnten infolgedessen, mit Ausnahme der Hochvoltklemmen, im Lieferwerk vollständig betriebsfertig montiert und auf Spezialtiefgangwagen an ihren Verwendungsort gebracht werden. Die Montage an Ort und Stelle beschränkt sich lediglich auf das Einsetzen der Hochvoltklemmen und auf die Montage der Wasserkühlung mit ihren Anschlußleitungen. Auf der Unterspannungsseite erhielten die Transformatoren einige Anzapfungen, um eine Änderung der Spannung um einige Prozent vornehmen zu können. Bild 12 zeigt die äußere Form des Kessels und den Aufbau des Kernes, an dem besonders die Kurzschlußversteifungen erkennbar sind.

Selbsttätige Ablaufanlagen für Verschiebebahnhöfe

Von Regierungs-Baumeister W. Becker, Blockwerk der Siemens & Halske A.-G.

Auf den großen Bahnhöfen, die der Reglung des Güterzugverkehrs dienen, den Verschiebebahnhöfen, spielt das Umordnen der Wagen zu neuen Zügen, der Verschiebedienst, die Hauptrolle. Von dem guten Arbeiten dieses Dienstes hängt die glatte Durchführung des gesamten Güterverkehrs, damit die Wagengestellung und der gesamte Warenaustausch der Wirtschaft ab. Mit der sich in den letzten Jahrzehnten immer stärker entwickelnden Industrie ist die Bedeutung der Verschiebebahnhöfe noch von Jahr zu Jahr gestiegen. Es verlohnt sich daher, gerade auf die Vervollkommnung ihrer Einrichtungen, die bisher gegenüber denen der Personenbahnhöfe stets etwas stiefmütterlich behandelt worden sind, in erhöhtem Maße das Augenmerk zu lenken, was auch der Zweck folgender Zeilen sein soll.

Um das auf kleinen Bahnhöfen übliche zeitraubende Hin- und Herziehen der Züge durch die Lokomotive und Abstoßen der einzelnen Wagengruppen in verschiedene Gleise zu vermeiden, legt man auf größeren Güterbahnhöfen bekanntlich Ablaufberge, Eselsrücken, an. Hier drückt man den zu zerlegenden Zug, der an den betreffenden Stellen entkuppelt ist, mit einer Lokomotive in schwach steigendem Gleis oder wenigstens über eine kurze Gegensteigung auf einen Berg hinauf, der auf der anderen Seite zur Beschleunigung der über seinen Brechpunkt gelangenden Wagen oder Wagengruppen ein Anfangsgefälle von 1 : 25 bis 1 : 30 hat. Hieran schließen sich die Weichenstraßen zur Verteilung der ablaufenden Wagen in eine größere Zahl von Gleisen. Bild 1 zeigt einen solchen Ablaufberg, den des Verschiebebahnhofes in Herne, auf den gerade ein Zug zur Verteilung hinaufgedrückt wird. Von der Leistungsfähigkeit der Ablaufanlagen hängt bei größeren Bahnhöfen ihre ganze Bedeutung für den Güterverkehr ab. Deshalb haben sich die ersten Fachleute des Eisenbahnwesens auf dem Gebiet, es seien nur Goering, Oder, Loewe, Zimmermann, Blum und Cauer genannt, schon eingehend mit Untersuchungen darüber befaßt. Diese bis ins einzelne zu erörtern, kann aber nicht Aufgabe dieser Zeilen sein. Hier soll die Leistungsfähigkeit der Ablaufberge nur berührt werden, soweit sie durch die selbsttätige Ablaufanlage beeinflußt wird.

Die ursprüngliche, heute noch ziemlich häufig verwendete Ablaufanlage hat von Hand gestellte mechanische Weichenantriebe. Eine Zahl von Rangierern läuft vor den ablaufenden Wagen über die Gleise hin und her und stellt auf Zuruf, oder neuerdings Gleisnummernsignale, hin die erforderlichen Weichen kurz vor ihnen um. Da zumeist drei bis vier Wagen gleichzeitig im Ablauf sein müssen, damit der Verkehr bewältigt werden kann, ist dieser Rangierdienst nicht gerade ungefährlich. Fehlläufe von Wagen infolge von Mißverständnissen, Versehen oder zu schneller Folge der Wagen sind häufig. Entgleisungen durch zu spätes Umstellen von

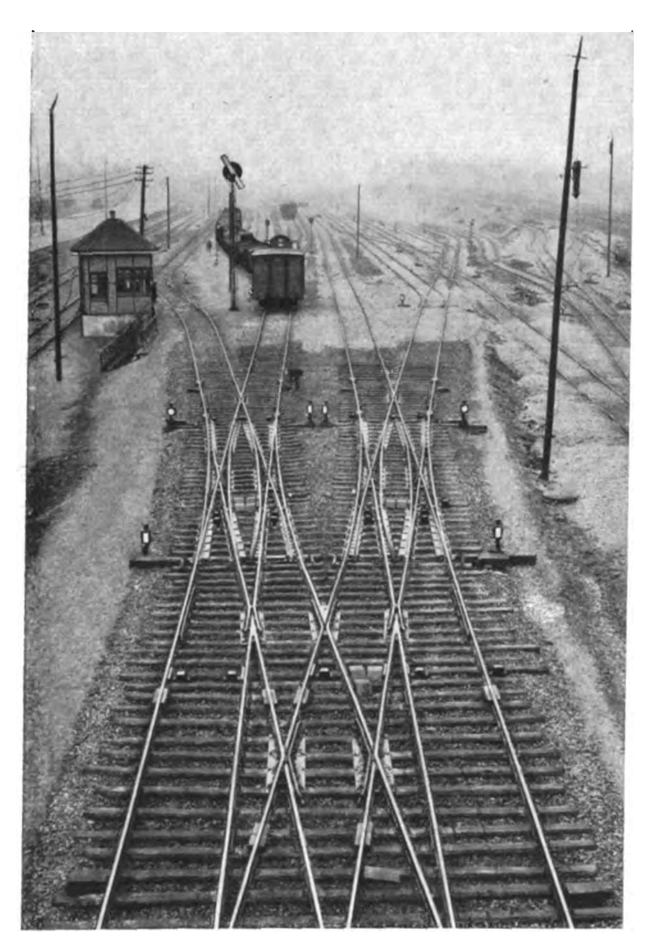


Bild 1. Ablaufberg auf Bahnhof Herne.

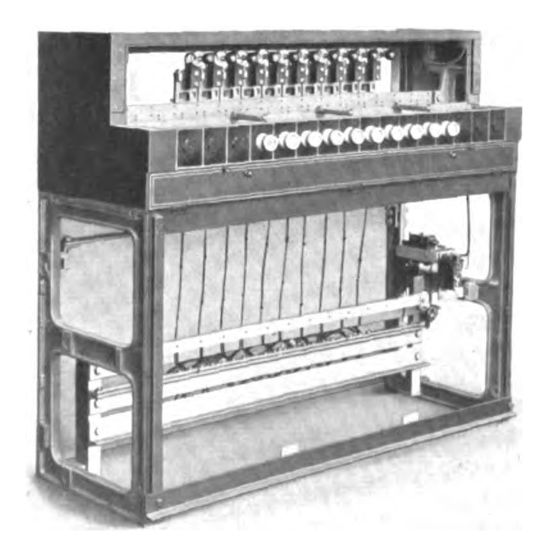


Bild 2. Rangierstellwerk (offen).

Weichen, unangenehme Störungen für den Verkehr, sind ebenso wie Unfälle des Personals nicht zu vermeiden. Eine gewisse Besserung dieser Verhältnisse trat schon durch die Einführung mechanischer und besonders elektrischer Stellwerke ein. Die ersten hatten zwar noch den Mangel der starken körperlichen Beanspruchung des Wärters und des immerhin noch beschränkten Wirkungsbereiches, so daß auf großen Bahnhöfen oft drei bis vier Stellwerke beim Ablaufbetrieb zusammenarbeiten müssen. Durch die Einführung elektrischer Weichenstellwerke jedoch, die den Weichensteller körperlich kaum in Anspruch nehmen, ihn deshalb auch weniger von der Beobachtung der ablaufenden Wagen ablenken, dann aber vor allem es ermöglichen, bei der Ablaufanlage mit einem einzigen Stellwerk auszukommen, wurde schon ein bedeutender Schritt vorwärts getan. Bild 2 zeigt ein solches Weichenstellwerk ohne besondere Weichenüberwachung.

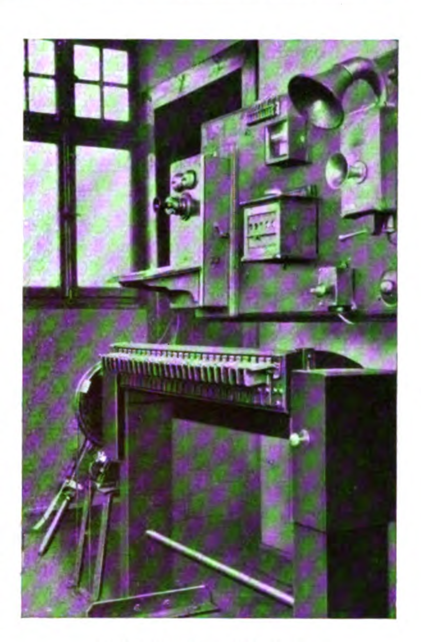
Einen Übelstand konnte aber auch das elektrische Stellwerk noch nicht beseitigen, wenn auch sonst manche Fehlerquelle, wie das Umlegen der Weichen unter einem Wagen, beim elektrischen Stellwerk leichter auszuschalten war als beim mechanischen. Dies ist der Umstand, daß der Wärter den Ablauf dauernd beobachten muß, um rechtzeitig die Weichen umzustellen. Bei schlechter Sichtigkeit, ungünstiger Folge der Wagen, z. B., wenn sie dicht beieinander laufen, ist das aber sehr schwierig. Fehlläufe infolge Verpassens der Umstellung sind dann häufig; hinzu kommen noch die, die durch zu dichtes Auflaufen der Wagen aufeinander hervorgerufen werden und durch den Wärter nicht verhindert werden können. Die Entgleisung von Wagen durch unzeitiges Umstellen der Weichen kann allerdings durch Anbringung isolierter Schienen bei elektrischen Stellwerken in einfacher Weise ausgeschlossen werden.

Die selbsttätige Ablaufanlage Siemensschen Systems bedeutet einen beträchtlichen weiteren Fortschritt auf diesem Wege. Hier drückt der Beamte für jede ablaufende Wagengruppe nur einmal eine mit der betreffenden Gleisnummer bezeichnete Taste eines Schaltapparates, des Verteilers, und legt damit für den Ablauf das Gleis fest, in das diese Gruppe laufen soll. Alles andere tut die erste Achse der Gruppe selbsttätig. Irgendwelcher besonderen weiteren Einrichtungen, Beschilderungen usw. an den

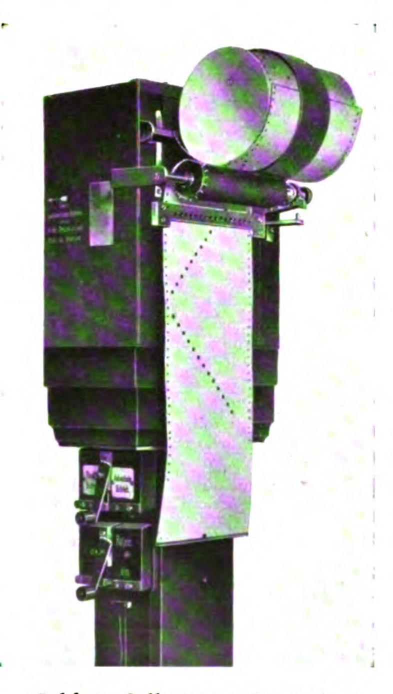
Wagen bedarf es nicht. Nur der Bahnhof selbst muß für den selbsttätigen Betrieb eingerichtet sein, kann aber dann jeden beliebigen Wagen ohne besondere Maßnahmen an ihm aufnehmen. Im Gegensatz zu ausländischen, z. B. den französischen Ausführungen, die sich nicht bewährt haben, sieht die von Herrn Regierungs-Baumeister a. D. Dr.-Ing. e. h. Pfeil erfundene selbsttätige Ablaufanlage (D. R. P. 217 311 vom 21. 10. 08) nicht die gleichzeitige Einstellung der gesamten Weichenstraße für den ganzen Ablauf, die die schnelle Durchführung des Ablaufbetriebes durch die großen Zwischenräume zwischen den einzelnen Ablaufgruppen hindern würde, sondern die getrennte Stellung der einzelnen Weichen durch die Ablaufgruppen vor.

Die Arbeitsweise der Siemensschen Ablaufanlage ist folgende:

Der Ablauf eines Wagens in ein Gleis des Bahnhofes ist für jedes Gleis durch eine besondere Magnetschalterreihe geregelt. Der Beamte, der für den Zug den Ablaufplan erhält, drückt beim Ablauf der einzelnen Wagengruppen vom Ablaufberg jedes Mal die für das Gleis bestimmte Taste auf dem vor ihm stehenden Verteiler (Bild 3). Dadurch, daß die betreffende Wagengruppe dann beim Ablaufen einen Schienenkontakt oder ähnlich wirkende Stromschlußeinrichtung befährt, schaltet sie selbst über einen Kontakt an der vom Beamten gedrückten Taste die zu dem Gleis gehörende Magnetschalterreihe an und löst nun bei der Weiterfahrt von Schienenkontakt zu Schienenkontakt jedes Mal einen weiteren Magnetschalter der angeschalteten Reihe aus. Die Verteilertasten sind so eingerichtet, daß sie nach dem Niederdrücken magnetisch in gedrückter Lage gesperrt bleiben. Erst wenn der erste Magnetschalter der von der Taste angeschalteten Reihe durch Befahren des ersten Kontaktes Strom erhält und damit seinen Anker anzieht, wird der Magnet, der die Taste festhält, wieder abgeschaltet, und die Verteilertaste schnellt hoch. Der Verteiler ist so ausgebildet, daß gleichzeitig immer nur eine Taste gedrückt werden kann. Auch diese Bedienung des Verteilers kann bei der Siemensschen Ablaufanlage noch durch selbsttätige Einrichtungen erspart werden. Ein Papierstreifen wird z. B. entsprechend dem Ablaufplan des Zuges gelocht und in eine Einrichtung, wie Bild 4 zeigt, eingespannt, in der er durch die ablaufenden Wagen gesteuert wird und seinerseits dann die Anschaltung der betreffenden Tastenkontakte selbsttätig bewirkt.


Bild 3. Der Verteiler.

Die Wirkung der ablaufenden Wagen auf die Magnetschalterreihen zeigt Bild 5. Nach Drücken, z. B. der Taste 4 für einen Wagen, der in Gleis 4 ablaufen soll, löst der Wagen beim Befahren des Schienenkontaktes g_1 von den 5 im Bild dargestellten Magnetschaltern A den Magnetschalter A_4 aus, da dieser allein durch Drücken der Verteilertaste 4 an den Schienenkontakt g_1 angeschaltet ist. Gleichzeitig wird von den 5 Magnetschaltern B der Magnetschalter B_4 durch einen Kontakt am Magnetschalter A_4 für die Auslösung durch den Schienenkontakt g_2 vorbereitet. Die magnetelektrische Sperrung der Taste 4 endlich wird ebenfalls durch einen Kontakt am Magnetschalter A_4 durch Stromunterbrechung des Haltemagneten aufgehoben, und es kann nunmehr für die nächste Gruppe wieder eine beliebige Taste bedient werden.


Bild 4. Selbsttätiger Verteiler.

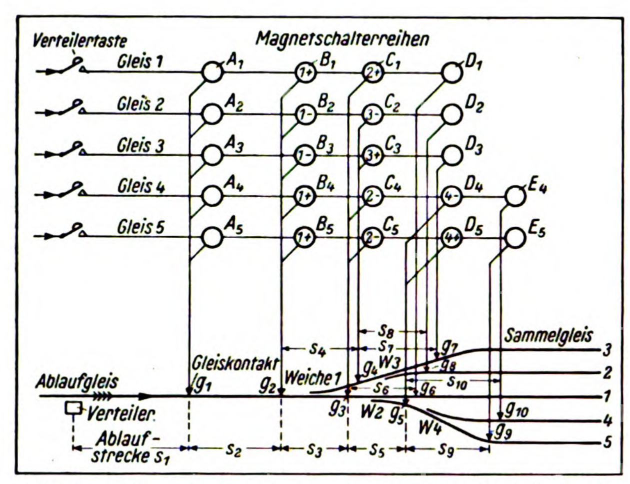


Bild 5. Schematische Darstellung der Schalterreihen für 5 Sammelgleise.

Der Wagen überfährt nun den Schienenkontakt g_2 und löst dadurch den vorbereiteten Magnetschalter B_4 aus. Da dieser Schienenkontakt g_2 dicht vor der Weiche 1 liegt, die der Wagen, der nach Gleis 4 will, in der Pluslage befahren muß, so veranlaßt der Magnetschalter B_4 außerdem für diese Fahrt die Umstellung der Weiche in die Plusstellung, falls sie etwa in der Minusstellung steht, oder überprüft andernfalls nur ihre richtige Plusstellung. Endlich wird durch den Magnetschalter B_4 der Schalter A_4 abgeschaltet und der nächste durch den Schienenkontakt g_3 auslösbare Magnetschalter C_4 zur Auslösung vorbereitet. Bei Befahren dieses Schienenkontaktes g_3 durch die ablaufende Gruppe erfolgt die Umstellung der Weiche 2, die Abschaltung des Magnetschalters B_4 und die vorbereitende Anschaltung des Magnetschalters D_4, der nun durch den Schienenkontakt g_5 ausgelöst werden kann. Befährt der Wagen dann diesen, so erfolgt die Umstellung der Weiche 4 in die Minusstellung, die Abschaltung von C_4 und die Vorbereitung von Schalter E_4, der durch den Schienenkontakt G_{10} ausgelöst wird und die Magnetschalterreihe für den Ablauf in das Gleis 4 schließt. Diese Art Magnetschalter nennt man, da sie den Lauf der Wagen regeln, Laufschalter.

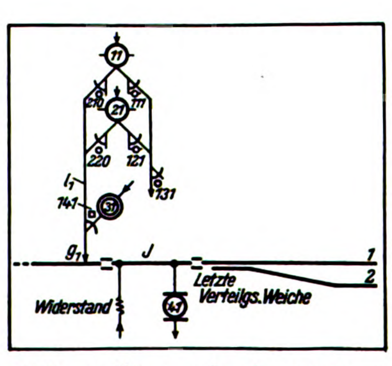


Bild 6. Auflöser und isolierte Schiene vor einer letzten Verteilungsweiche.

Die weitere Durcharbeitung dieses Laufschaltersystems führte dann noch zu verschiedenen schaltungstechnischen Mitteln, die den Grundgedanken nicht änderten, aber die Häufung von Kontakten und Magnetschaltern bei großen Anlagen vermieden. Hier ist vor allem die Einführung des Auflösers, den Bild 6 als Nr. 31 zeigt, zu erwähnen. Dieser erspart die Laufschalter hinter der letzten Verteilungsweiche, die nach der Anordnung nach Bild 5 sonst noch hinter der Weiche sein müßten. Eine weitere Vereinfachung der ganzen Schaltung und der Ausführung, die hier nicht im einzelnen erörtert werden soll, wird durch sogenannte Gruppenschalter erzielt, die überall, wo Weichen umgestellt werden müssen, angewendet werden.

Um den hochgespannten Stellstrom nicht über die Kontakte der Lauf- oder Gruppenschalter führen zu müssen, hat man für die Anschaltung des Stellstromes der Weichen besondere Stellmagnete, die Steller, eingeführt. Sie werden selbst durch die Lauf- oder Gruppenschalterkontakte angeschaltet.

Bild 7 gibt als ein Ausführungsbeispiel das elektrische Rangierstellwerk auf dem Bahnhof Herne wieder, daneben den schmalen Schrank mit den Stellern, an der anderen Wand den Schrank mit den Laufschaltern, Auflösern und Gruppenschaltern. Runde Löcher in den über-

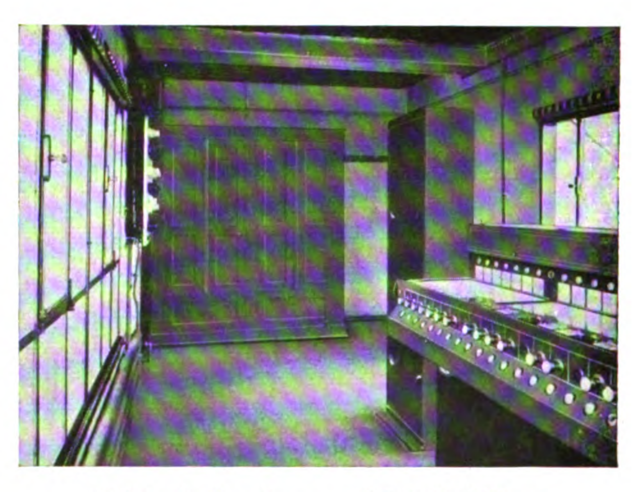


Bild 7. Stellwerkraum auf Bahnhof Herne.

einander liegenden Balken im Laufschalterschrank dienen zur Aufnahme der Magnetspule. Die Kontakte sind leicht zugänglich vor diesen angebracht.

Bei der Schilderung des Ablaufvorganges wurde bisher, um das Verständnis nicht zu erschweren, eine vor den Weichen nötige Einrichtung noch nicht erwähnt, die ebenfalls auf Bild 6 zu sehen ist, die isolierte Schiene vor der Weiche mit dem Sperrmagneten. Sie hat die Länge des größten vorkommenden Achsabstandes und hat den Zweck, die Auslösung der durch den Schienenkontakt vor ihr betätigten Laufschalter zu verhindern, solange sich noch eine Achse der vorauslaufenden Gruppe vor der Weichenzunge befindet. Weiter wird durch diese isolierte Schiene auch verhindert, daß spätere Achsen einer Gruppe etwa schon den Laufschalter für die nächste Fahrt auflösen. Läuft ein Wagen dem vorhergehenden einmal zu stark auf, so wird durch diese Einrichtung seine Laufschalterreihe ganz ausgeschaltet, er muß jetzt als Fehlläufer der Vordergruppe folgen. Einen solchen Fehllauf kann man nur durch geeignete Gleisbremsen oder Reglung der Geschwindigkeiten vermeiden. In betrieblicher Hinsicht muß man diesen erzwungenen Fehllauf aber als einen Fortschritt bezeichnen gegen den beim Handbetrieb üblichen Versuch, noch im letzten Augenblick die Weiche umzuwerfen, der meist zu Entgleisungen und damit zu sehr unangenehmen Betriebsstörungen führt. Eine solche Isolierschiene verhindert auch die Freigabe der Verteilertaste, bis die letzte Achse der gerade ablaufenden Wagengruppe vorüber ist.

Hiermit sind die Grundzüge des Ablaufsystems dargelegt. Es wäre nun noch die Frage zu erörtern, welche baulichen Änderungen die Einführung einer derartigen selbsttätigen Ablaufanlage auf bestehenden Bahnhöfen erforderlich macht.

An den Gleisanlagen des schon mit einem elektrischen Stellwerk ausgerüsteten Bahnhofes sind vor jeder von ablaufenden Wagen befahrenen Weiche noch Schienenkontakte anzubringen (Bild 8). Diese bestehen, z. B. in Herne, aus einem etwa 60 cm langen Hebel, der etwas über den Schienenkopf hinausragt. Um einen sanften Anlauf des Wagenrades zu erhalten, ist dieser Hebel an den Enden etwas abgebogen. Getragen wird er durch einen Arm, der drehbar in Kugelpfannen gelagert ist. Beim Befahren schließt er den in einem viereckigen Kasten liegenden Kontakt. Dieser Gleiskontakt kann überall ohne Schwierigkeit angebracht werden, da sein Raumbedarf gering ist. Außerdem ist vor jeder Weiche die oben erwähnte Isolierschiene, die den längsten vorkommenden Radstand berücksichtigen muß, anzuordnen (Bild 9). Ein weiterer Kontakt mit isolierter Schienenstrecke ist noch auf dem Ablaufberg in jedem Ablaufgleise bald hinter dem Rücken des Berges und nach Bedarf auch noch ein oder mehrere vor dem vor der ersten Verteilungsweiche liegenden einzubauen. Hiermit, einschließlich der Verlegung der Leitungen, wären bei Vorhandensein eines elektrischen Stellwerkes die für die Einrichtung außerhalb des Stellwerkes erforderlichen Arbeiten erledigt. Bei bisher mechanischer Weichenstellung müßte allerdings

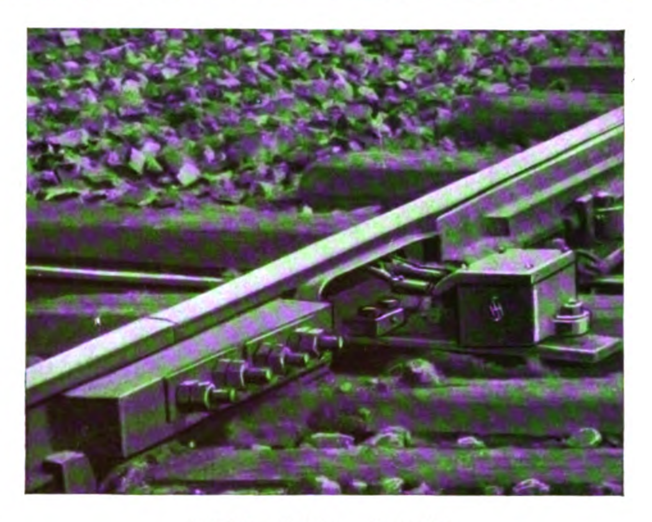


Bild 8. Schienenkontakt.



Bild 9. Isolierte Schienenstrecke auf Bahnhof Herne.

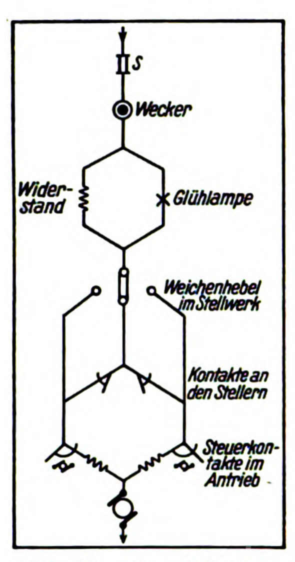


Bild 10. Der Weichenschalter in Stellung für selbsttätigen Ablaufbetrieb.

der selbsttätig auszugestaltende Teil des Verschiebebahnhofes erst mit elektrischen Weichenantrieben versehen werden.

Das vorhandene elektrische Weichenstellwerk ist von den üblichen nur insoweit abweichend einzurichten, als die Weichenhebel außer den gewöhnlichen zwei Stellungen für Plus- und Minusstellung der Weiche noch eine Mittelstellung haben, in die sie für den selbsttätigen Betrieb gestellt werden. Das Stellwerk kann aber dann noch, wie jedes andere elektrische Stellwerk, auch einmal von Hand bedient werden. Die Hebelmittelstellung ermöglicht, wie die Schaltskizze Bild 10 zeigt, mit Hilfe einer besonderen Schaltung den Stellstrom durch die Kontakte der Stellmagnete selbsttätig an beide Laufleitungen zu legen.

Wie in Bild 1 auf dem Bahnhof Herne steht der Verteiler zweckmäßig dicht am Brechpunkt des Ablaufberges. Das Verteilerhäuschen ist hier links zu sehen. Daneben steht auch das Ablaufsignal. Die Schränke mit den Magnetschaltern werden am besten in das Stellwerk selbst hineingenommen. Die Steller legt man wegen der zu ihren Kontakten geführten Stelleitungen ohnehin aus praktischen Erwägungen schon möglichst nahe an das Hebelwerk. Dieses wird seine Lage im allgemeinen mehr neben oder über den Weichenstraßen haben. Dort aber auch den Verteiler hineinzulegen, wird betrieblich meist nicht empfehlenswert sein.

Ausgeführt worden ist diese Anlage wegen des Krieges und der ihm folgenden Gestaltung der Wirtschaftsverhältnisse bisher nur einmal; sie ist auf dem Bahnhof Herne seit dem Jahre 1915 in Betrieb. Die Anlage ist hier nicht unter normalen Verhältnissen, sondern gerade unter den schwierigsten Bedingungen praktisch im Betrieb erprobt worden, in einem durch Bergbau stark mitgenommenen

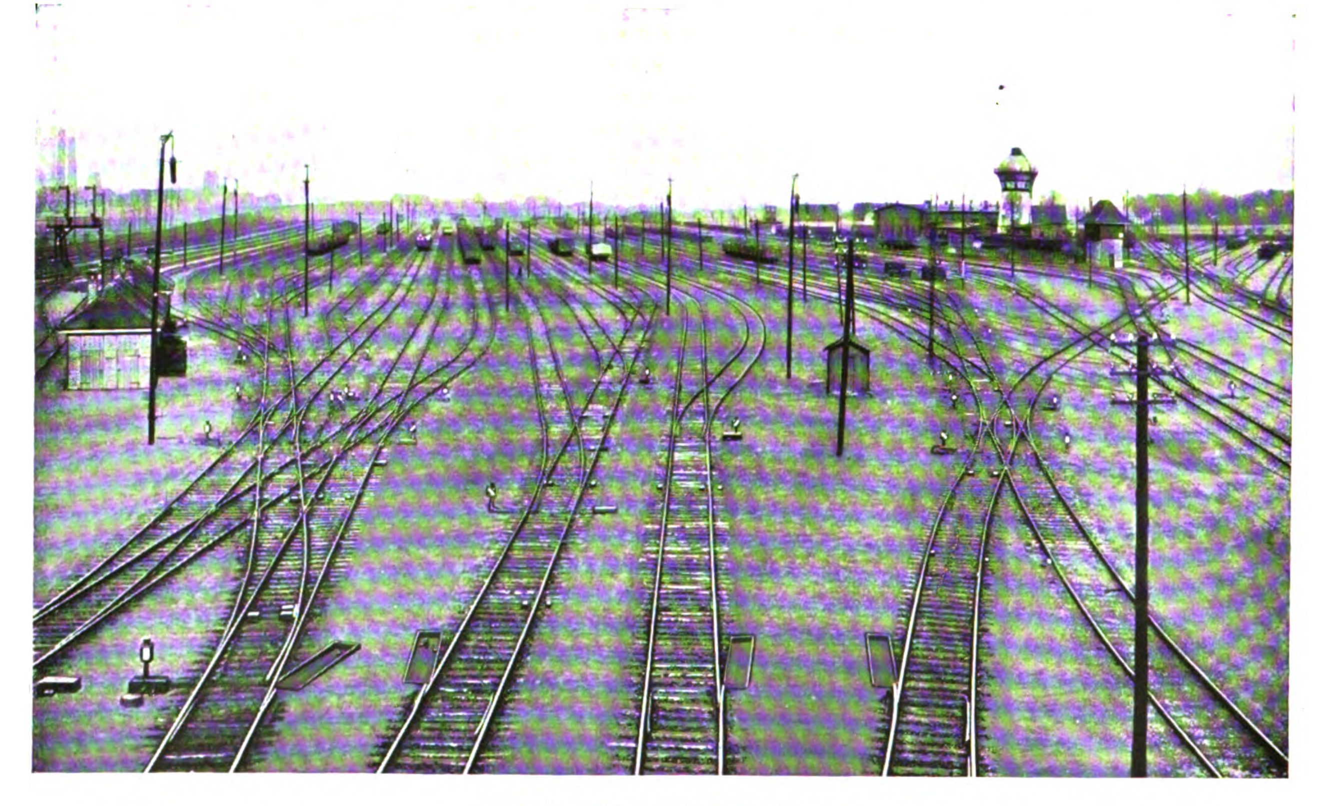


Bild 11. Verschiebebahnhof Herne.

Senkungsgebiet in dem starken Verkehr des Industriegebietes. Bild 11 zeigt diesen Bahnhof Herne. 27 Sammelgleise mit 21 Weichen sind hier an die Anlage angeschlossen. Nach Außerbetriebstellung während der Regiezeit soll die Anlage jetzt wieder in Betrieb genommen werden. Früher bewältigte sie Tag und Nacht, auch bei unsichtigem Wetter, den Betrieb.

Was nun die Kosten der selbsttätigen Ablaufanlage anlangt, so sind sie beim Neubau eines Verschiebebahnhofes, bei dem man gleich alle Einrichtungen in zweckmäßiger Weise mit vorsehen kann, gar nicht erheblich höher als bei den üblichen elektrischen Ablaufanlagen. Bei dem nachträglichen Einbau in elektrische Ablaufanlagen kommen wohl die Verlegung neuer Kabel, der Einbau der Kontakte und die Abänderung des bestehenden Stellwerkes als Mehrkosten in Frage. Bei bisher mechanisch betriebenen Ablaufanlagen muß der Betrieb durch Beschaffung und Einbau von elektrischen Weichenantrieben, Anbringung der Schienenkontakte und Einrichtung der isolierten Schienen in einen elektrischen umgestellt werden. Die Aufstellung eines besonderen Hebelwerkes könnte dagegen hier unter Umständen ganz unterbleiben. Betrachtet man endlich die Kostenfrage der selbsttätigen Ablaufanlagen noch vom rein wirtschaftlichen Gesichtspunkte aus, so ist folgendes zu beachten:

Die ersten Anlagekosten sind wohl im allgemeinen etwas höher. Dafür aber kann die Anlage auch bei jeder Witterung und Beleuchtung voll in Betrieb gehalten werden. Die Verstopfung der großen Verschiebebahnhöfe, die häufig nach längeren Zeiten schlechter Sichtigkeit auf einem großen Teil der Verschiebebahnhöfe auftritt, sich oft wochen- und monatelang für den Betrieb störend auswirkt und häufig schon vorzeitig zur Erweiterung der bestehenden Anlagen zwingt, wird bei der selbsttätigen Ablaufanlage durch deren ununterbrochene Betriebsfähigkeit vermieden. Sie arbeitet ungestört bei jeder Sichtigkeit mit der stets gleichen Leistungsfähigkeit und ist dadurch im Endergebnis wirtschaftlich doch den anderen Anlagen bedeutend überlegen. Diese Gesichtspunkte dürfen bei Entschließungen über Neuanlagen und Umbauten nicht vernachlässigt werden.

Benutzte Literatur: Verkehrstechnische Woche 1916, Dr. Arndt, „Die selbsttätige Ablaufanlage S. & H.".

Die Geschichte des Protoswagens

Von Dipl.-Ing. M. Preuß, Automobilwerk der SSW.

Der Anteil der SSW und der in ihnen aufgegangenen Firmen Schuckert & Co., Nürnberg, und der Motorenfabrik Protos in Reinickendorf an der Entwicklung des automobilen Verkehrswesens ist nicht unbeträchtlich, wenn auch die Zahl der gebauten Kraftwagen entsprechend der hauptsächlich elektrotechnischen Einstellung der Gesamtfirma bisher hinter der einiger ausschließlich Kraftwagen bauender Firmen Deutschlands zurückgeblieben ist. Immerhin gehört das Automobilwerk der SSW, das auf eine 25 jährige Entwicklung als Benzinwagen bauendes Werk zurückblickt, zu den ältesten deutschen Werken dieses Fabrikationszweiges. Der Elektromobilbau wurde in Nürnberg bereits Ende des vorigen Jahrhunderts aufgenommen. Der Weg der Entwicklung ging bei der Berliner Firma, wie das bei einer elektrotechnischen Firma naturgemäß ist, vom Elektromobil über das sogenannte gemischte System zum Kraftfahrzeug mit Verbrennungsmotor. Diese Entwicklungslinie in gedrängter Form zu zeigen, soll der Zweck dieses Aufsatzes sein.

Aus dem nur 40 jährigen Dasein des Automobils auf der Erde ist es zu erklären, daß die äußere Form der Wagen im Laufe der ersten beiden Jahrzehnte sich ungewöhnlich schnell und stark geändert hat. Mit einiger Verwunderung kann der auf das heutige Aussehen des Kraftwagens eingestellte Blick an Hand der beigegebenen Bilder diese Formwandlung verfolgen. Als eine Vorstufe zum Automobil ist wohl das auf Bild 1 dargestellte Fahrzeug aus dem Jahre 1882 anzusprechen, das zwar nicht an Schienen, sondern an eine Oberleitung gebunden und zum Ausweichen oder Überholen anderer Fahrzeuge einen ausreichenden Spielraum besaß. Eine elektrische Omnibuslinie in der auf Bild 1 dargestellten Art richtete der Dresdener Ingenieur Schiemann mit Fabrikaten von S. & H. in der Sächsischen Schweiz von Königstein nach Schweizermühle (Bielathalbahn) ein. Werner

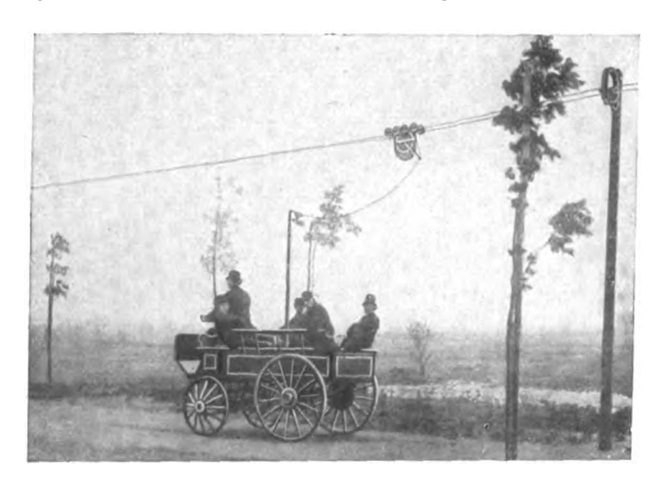


Bild 1. Wagen aus dem Jahre 1882.

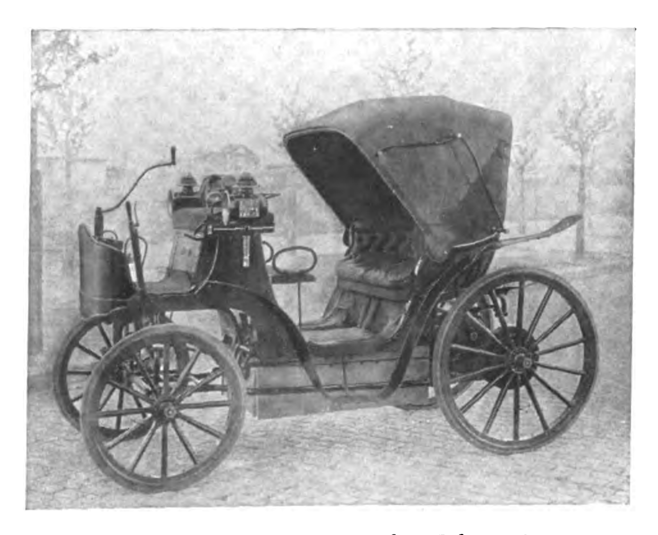


Bild 2. Schuckert-Droschke aus den Jahren 1899/1900.

Dem Fahrzeug (Bild 2) aus dem Jahre 1899 — Automobil primigenium — ist die Abstammung vom Pferdewagen ohne weiteres anzusehen. Eine unter den Wagenkasten gehängte Batterie speist 2 Elektromotoren, die, federnd aufgehängt, mit großem Vorgelege die Hinterräder treiben. Bild 3 stellt eine Antriebseinrichtung von S. & H. mit doppeltem Vorgelege aus dem Jahre 1898 dar. Man muß sich bei Betrachtung dieses und der folgenden Bilder vor Augen halten, daß einige für das heutige Automobil wesentlichen Elemente, wie Kugellager, geräuschlose Ketten, Luftreifen usw., damals noch nicht vorhanden oder doch gerade im Entstehen waren. Ein elektromobiles Postdreirad aus dem Jahre 1903 zeigt Bild 4. Seit 1900 war die bayrische Post Abnehmer dieser Fahrzeuge. Eine Droschke Type B aus dem Jahre 1905 stellt Bild 5 dar. Sie hatte 1400 kg Gewicht und eine Fahrgeschwindigkeit von 24 km in der Stunde bei 30 A Stromverbrauch und 80 V Batteriespannung. An ihr fällt gegenüber Bild 2 die Anordnung der Batterie vor dem Führersitz und die Verwendung einer Hinterachse mit Differential auf. Bild 6 zeigt die pendelnde Aufhängung des Elektromotors im Rahmen der Elektromobiltype P II. Von diesem Wagen laufen heute noch einige zur Freude ihrer pietätvollen Besitzer im für Automobile schönen Greisenalter von 18 Jahren. Doch die Entwicklung ging immer neue

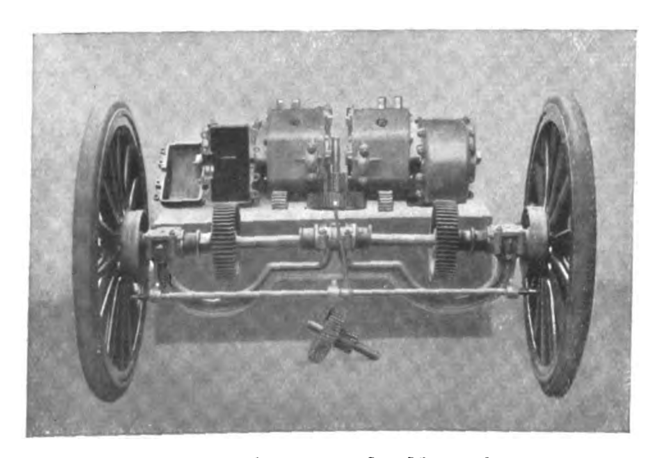


Bild 3. Antriebsvorrichtung von S. & H. aus dem Jahre 1898.

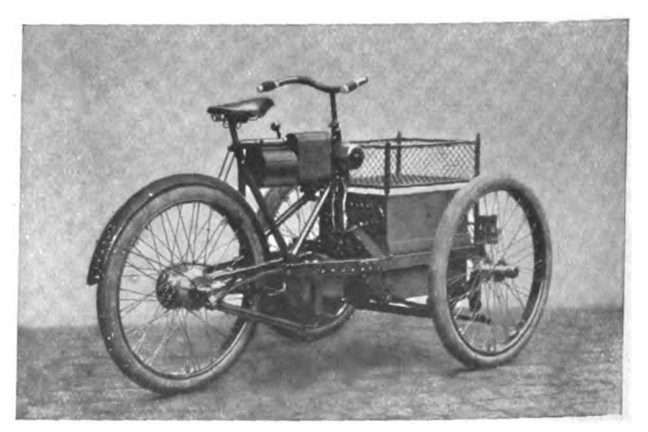


Bild 4. Briefpost-Elektromobil-Dreirad Modell 1903.

von Siemens spricht in seinen Briefen sehr frühzeitig von Automobilen sowohl mit Wärme- als auch mit Elektromotoren. Der Herstellung von Akkumulatoren trat S. & H. im Jahre 1886 näher.

Bahnen. 1908/09 wurde der Bau von Radnabenmotoren aufgenommen. Dies sind in das Rad eingebaute Motoren, deren hohe Polzahl und zahlreiche, parallel geschaltete Stromleiter in der Ankernut eine mäßige, zum direkten Antrieb

von Kraftwagen geeignete Drehzahl bewirken. Die Spannung der Batterie kann zur Drehzahl-reglung je nach der Schaltstufe des Kontrollers unterteilt, außerdem können die beiden Motoren hintereinander oder parallel geschaltet werden. Bild 7 zeigt diese Innenpolmotoren, deren charakteristische Kurven Bild 8. Ein Gebiet, auf dem das Elektromobil in wirtschaftlicher Hinsicht und durch seine einfache Bedienungsweise allen anderen Betriebsarten sich überlegen zeigt, ist die städtische Müllabfuhr. In Bild 9 ist die Bauart dieser Fahrzeuge dargestellt.

Mit den angeführten Elektromobiltypen sind die wesentlichen Merkmale der SSW-Bauarten wiedergegeben. Um über die Eigenschaften der gebauten Fahrzeuge im praktischen Gebrauch, im besonderen nach der wirtschaftlichen Seite, Aufschluß zu bekommen, wurde die Verbindung mit Fuhrbetrieben aufgenommen, so mit Omnibusbetrieben in Wannsee und Stolpe bei Berlin, ferner mit dem Fuhrunternehmen „Fortschritt" in Charlottenburg. Wenn auch bei heute möglicher besserer konstruktiver Durchbildung, besonders mit dem Endziel, an Gewicht zu sparen, ein kleiner Fortschritt gegenüber dem Zustand vom Jahre 1908 noch zu erzielen wäre, so ist an den Haupteigenschaften des Elektromobils nicht viel zu ändern. Es steht fest, daß Elektromobile im Bereich von etwa 30—70 km Fahrstrecke in großen Fuhrbetrieben wirtschaftlich



Bild 5. Stadtdroschke Type B (Modell 1905).

hochwertige Fahrzeuge sind. Im Bereich unter 30 km werden sie durch Pferdebetrieb, über 70 km durch den Kraftwagen mit Verbrennungsmotor übertroffen. Dieser wirtschaftliche Fahrbetrieb wird aber gestört, wenn schlechte Straßen-

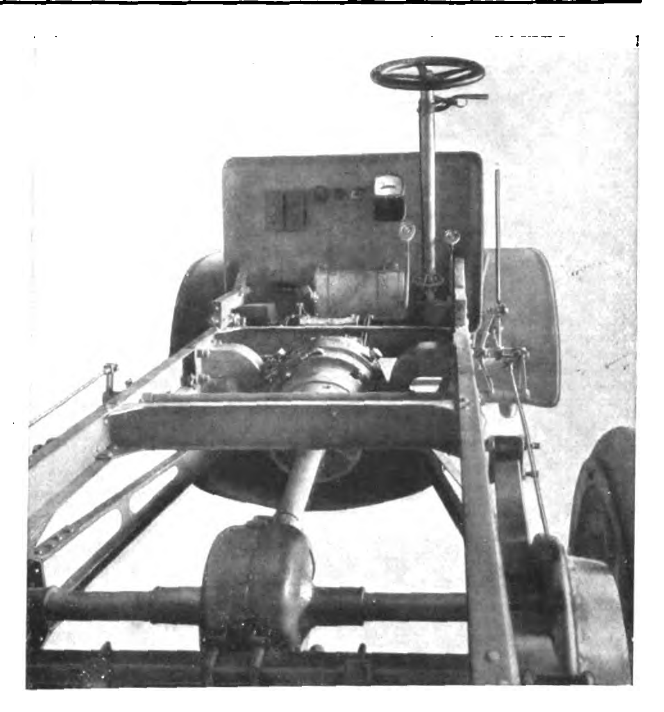


Bild 6. P II. Elektromobil-Motoraufhängung.

verhältnisse, z. B. Steigungen oder Schneefall, den Stromverbrauch vergrößern. Die Kapazität der Batterie sinkt mit zunehmender Stromstärke. Der beschränkte Energieinhalt, etwa 34 W-Stunden je kg Batteriegewicht, läßt nur mäßige Höchstgeschwindigkeit zu, soll nicht der Aktionsradius zu klein oder die Batterie, d. h. das tote

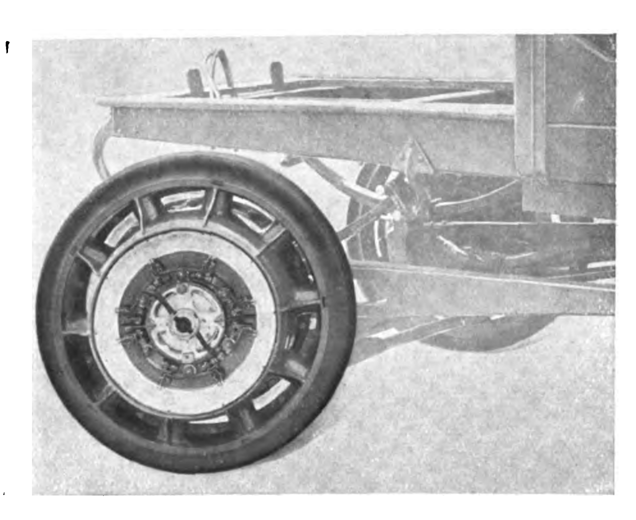


Bild 7. Radmotor mit offenem Kollektor.

Gewicht des Fahrzeuges, zu groß werden. Diese Erkenntnis hatte zur Folge, daß im Jahre 1907/08 neben dem Elektromobilbau der Bau von Fahrzeugen mit gemischtem und reinem Verbrennungsmotorenantrieb im Automobilwerk auf-

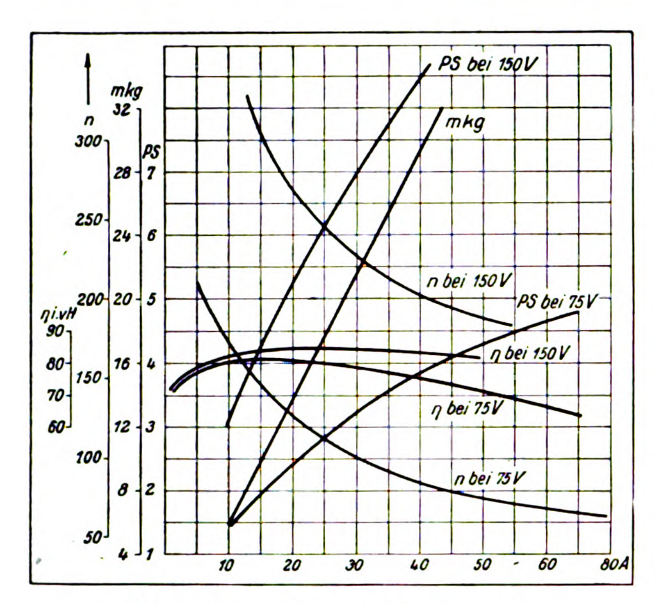


Bild 8. Kurven des Radnabenmotors R 1.

genommen wurde. Schon 1903 war ein Schleppzug für 20 t gebaut und erprobt worden. 1905 wurden die gemachten Erfahrungen auf einen Armeelastzug mit 15 t übertragen, dessen erste Ausführung in Bild 10 und dessen verbesserte Zugmaschine in Bild 11 dargestellt sind. Wenn auch die heutigen Anschauungen auf diesem Gebiete eine weitgehende Einzelverteilung der zu bewältigenden Last auf völlig selbständige Fahrzeuge bevorzugen, so waren für damalige Zeiten die technischen Ergebnisse dieser Lastzugbauart recht bemerkenswert. Der Zugwagen trug einen 70 PS Bootsmotor, der eine 50 kW Doppeldynamo trieb. Mit ihm gekuppelt waren 5 Anhänger zu je 3 t Nutzlast, von denen jeder, ebenso wie die Zugmaschine selber, einen Antrieb durch 2 Elektromotoren mit doppeltem Vorgelege hatte. Diese 12 gleichartigen Motoren wurden von der Dynamo des Zugwagens gespeist. Die Kupplungen der einzelnen Wagen hatten auf das Spuren des ganzen Lastzuges den Einfluß, daß beim Wenden die Spur des letzten Wagens nur um 30 cm abwich. Jeder der Anhänger hatte ein Drehgestell für Einzelbetrieb mit Pferden mit Hilfe einer beigegebenen Deichsel. Ein 200 m langes elektrisches Kabel ermöglichte es, jeden Anhänger auf diese Entfernung zur Zusammenstellung des Schleppzuges mit eigener Kraft heranzufahren. Alle Räder liefen auf sogenannten Patentachsen mit Moffetrollenlagern.



Bild 9. Müllabfuhrwagen.



Bild 10. Armeelastzug.



Bild 11. Zugmaschine des Armeelastzuges für 15 t.

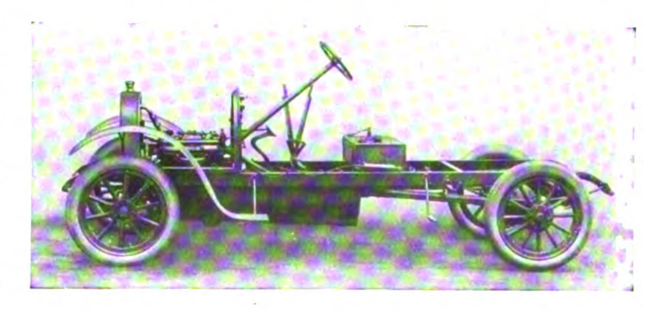


Bild 12. G-Wagen.

Ferner wurden nach den Pieperschen Patenten Personenfahrzeuge mit gemischtem System gebaut. Als zusätzliche Kraftquelle kam hier zu dem Benzinmotor und der durch elektromagnetische Kupplung mit ihm verbundenen Dynamomaschine noch eine Batterie, die einer-

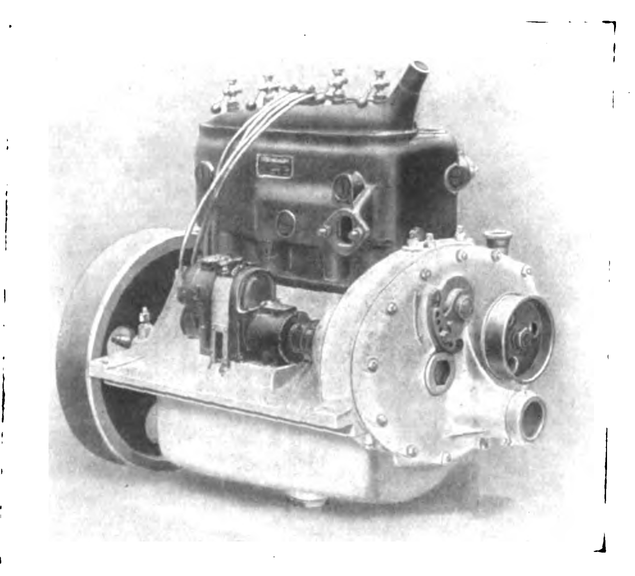


Bild 13. G 8/21 PS-Motor.

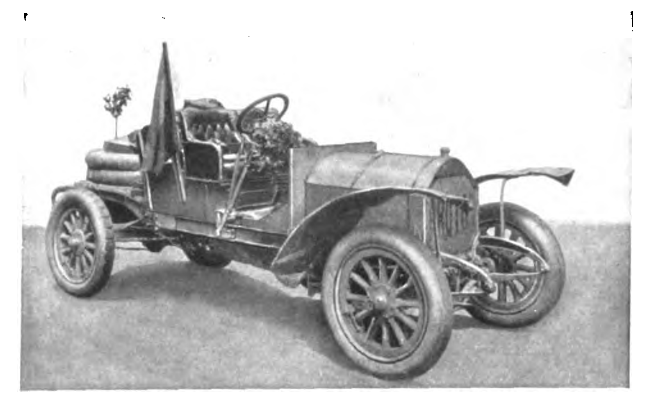


Bild 14. Weltreisewagen.

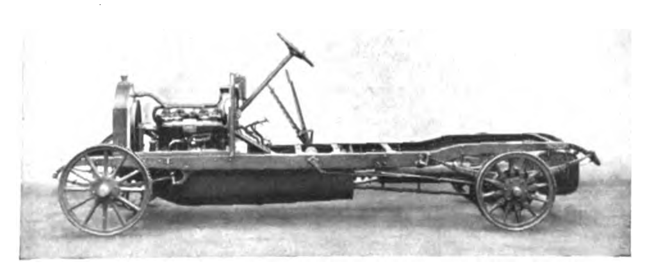


Bild 15. 18/42 PS E 1-Wagen.

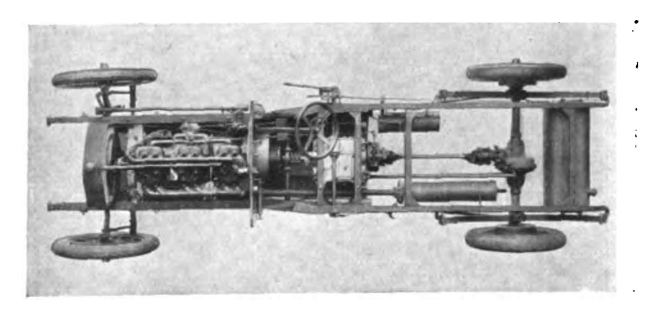


Bild 16. 28/62 PS E 2-Wagen.

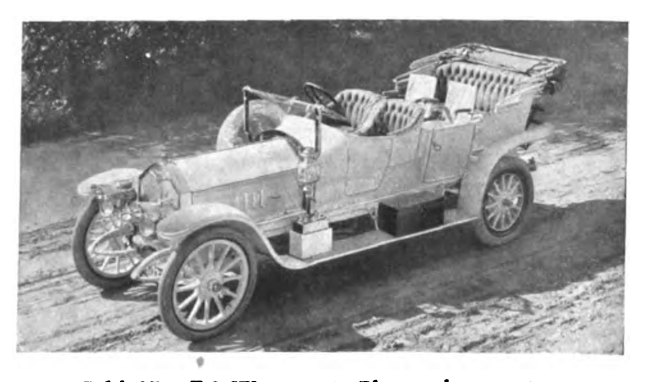


Bild 17. E 2-Wagen mit Phaetonkarosserie.

seits die Elektromotoren mit Strom versorgen konnte, wenn die Leistung der Dynamo nicht ausreichend war, anderseits zum Anwerfen des Verbrennungsmotors diente. Das hohe Gewicht von 2,5 t ließ einen wirtschaftlichen Betrieb dieser Wagengattung nicht zu.

Im Jahre 1907/08 wurde der Bau von leichten Benzinwagen der Type G aufgenommen. Es waren dies Fahrzeuge mit 6- und später mit 8-steuerpferdigen Motoren. In der ersten Zeit wurden diese Motoren von der Firma Körting-Hannover bezogen. Der Bedarf an Verbrennungsmotoren verschiedener Abteilungen der Gesamtfirma hatte jedoch inzwischen Veranlassung gegeben, den Verbrennungsmotorenbau bei S. & H., Blockwerk aufzunehmen. Daher war es vom Jahre 1908 ab nicht mehr nötig, Motoren von außerhalb zu beziehen. Bild 12 stellt ein Chassis der Type G2, Bild 13 einen Motor der Type G von 8 Steuer- und 21 Brems-PS dar.

Um den Benzinwagenbau auf eine breitere Grundlage zu stellen, wurde im Oktober 1908 die Motorenfabrik Protos vom Automobilwerk übernommen. Dieses zuerst in der Großgörschenstraße in Berlin, seit 1906 in Reinickendorf gelegene Werk hatte seit dem Jahre 1899 Kraftwagen gebaut. Die erste Bauart war gekennzeichnet durch einen vorn im Chassis eingebauten Einzylindermotor, der mit Zweiganggetriebe und Kette auf Wagenmitte seine Leistung auf die Hinterräder übertrug. Außer Motor-Draisinen wurden später die Wagentypen E 1 mit Vierzylinder- und E 2 mit Sechszylindermotoren und Kardanantrieb hergestellt. Im Jahre 1908 hatte sich Oberleutnant Koeppen auf ein Ausschreiben des »Matin« unter Beihilfe der »BZ am Mittag« mit



Bild 18. L 20/50 PS-Lastwagen mit Kippvorrichtung und Anhänger.

der E 1-Type an einer Konkurrenzfahrt um die Erde beteiligt, aus der er als Erster hervorgegangen war.

In seinem lesenswerten Buch »Im Auto um die Welt« hat er diese, internationales Aufsehen erregende Fahrt beschrieben. Sie hat sechs Monate gedauert und reiche Erfahrungen eingebracht. Ungeheure Schwierigkeiten waren in den Rocky Mountains und in Sibirien überwunden, auf guten Straßen täglich bis zu 625 km zurückgelegt worden. Den Weltreisewagen, der heute im Deutschen Museum in München steht und als historisches Fahrzeug, das als erstes die Erde umfahren hat und seinem Namen Protos Ehre gemacht hat, stellt Bild 14 dar. Bild 15, 16 und 17 zeigen die Bauart der E 1- und E 2-Wagen.

An Rennen, die in den Entwicklungsjahren des Automobils ihre Berechtigung haben, hat sich das Automobilwerk nur selten beteiligt, dagegen häufiger und mit gutem Erfolg an Zuverlässigkeitsfahrten. Als wirksamste Propaganda wurde in den folgenden Jahren fortgeschrittener Entwicklung die Erzeugung guter Fabrikate angesehen. Daher ist es nicht nötig gewesen, durch kostspielige Rennerfolge den Absatz zu fördern.

Eine Reihe weiterer Wagen- und Motorentypen (F, A und B) kann hier als von unwesentlichem Belang übergangen werden. Die Bedürfnisse der Gesamtfirma, der Heeresverwaltung und die Nachfrage der sonstigen Verbraucher gab Anlaß, einen Lastwagen, Type L mit 20/50 PS-Motor und Kardanantrieb, von außerordentlich kräftiger Bauart (Bild 18), ferner einen Personenwagen, Type mit 16/46 PS-Motor, herauszubringen und die vorhandenen Materialien im Kriege und der Nachkriegszeit mit ihrer schwierigen Beschaffung von einwandfreien Rohstoffen aufzubrauchen. Grundsätzlich wurde aber aus dem Gedanken heraus, daß eine wirtschaftliche Fertigung bei einem Werk der vorhandenen Größenordnung nur dann zu erzielen ist, wenn möglichst wenig verschiedene Typen erzeugt werden, bereits im Jahre 1912 beschlossen, nur eine Wagentype herzustellen. Die Zeit hat diesem wirtschaftlichen Gedanken nach 10 bis 12 Jahren allgemein Bahn gebrochen.

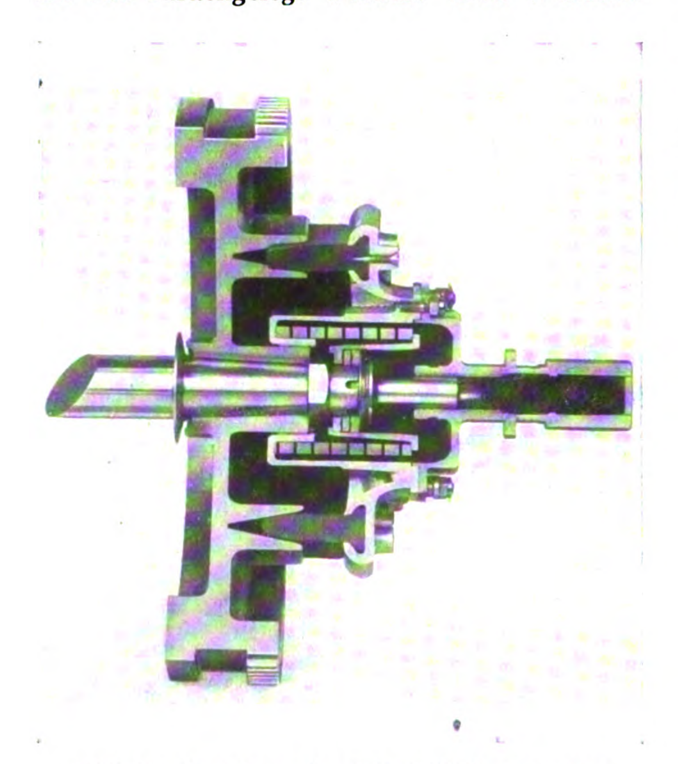


Bild 19. Kupplung des C 10/30 PS-Protoswagens.

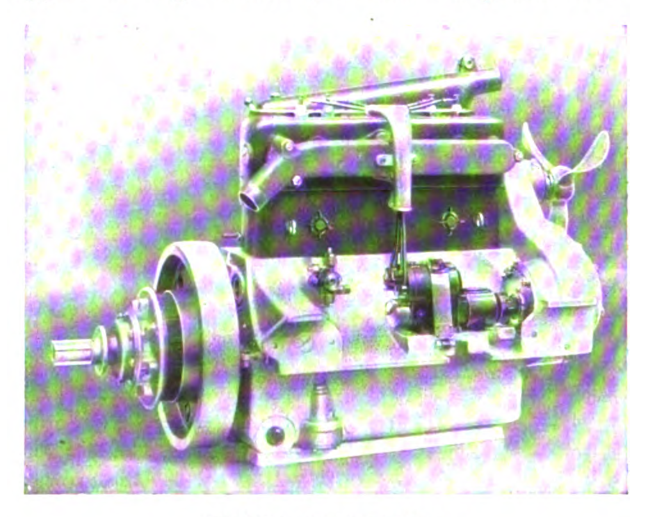


Bild 20. C 10/30 Motor.

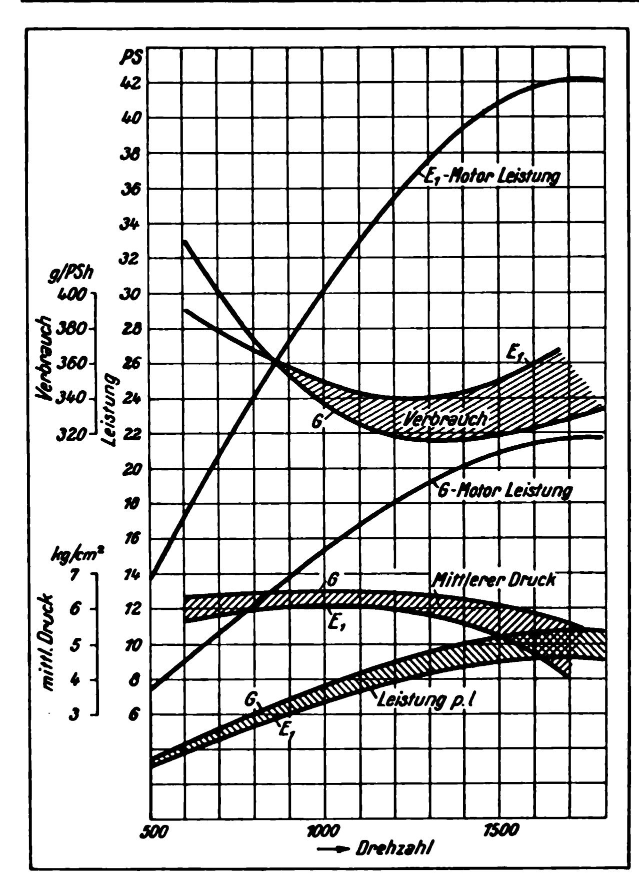


Bild 21. Kurven vom E1-Motor. 110 mm Bohrung, 120 mm Hub, und vom G-Motor, 78 mm Bohrung, 110 mm Hub.

So setzte im Jahre 1913 der Bau des C 10/30er Wagens ein. Mit diesem Wagentyp wurde in baulicher Hinsicht insofern ein wesentlicher Fortschritt gemacht, als Kupplung, Kardan, Drehmoment- und Schubaufnahme der Hinterachse Verbesserungen und Vereinfachungen erfuhren, die bis heute eine grundsätzliche Abänderung nicht mehr nötig machten. Bild 19 zeigt einen Schnitt durch die eigenartige Kupplung. Die am E-Wagen noch vorhandenen Schubstangen sind in Fortfall gekommen. Die Rückwirkung des Achsenantriebes und der Bremsung wird durch die Federn aufgenommen.

Bild 20 stellt den 10/30er Motor mit 80 mm Zylinderbohrung und 130 mm Hub bei 2,6 l Hubvolumen dar. 1924 erfuhr der Zylinderblock des Motors insofern eine Abänderung, als statt der geschlossenen Blockbauart eine solche mit abnehmbarem Kopf und hängenden Ventilen eingeführt wurde. Diese mit C I 10/45 PS bezeichnete Bauart ermöglichte eine bessere Form des Kompressionsraumes, eine günstigere Verbrennung des Gasgemisches und hierdurch eine Steigerung des mittleren Druckes des Arbeitsprozesses.

Bild 21 und 22 zeigen die charakteristischen Kurven der Bremsleistung, ferner der auf 1 l Hubvolumen bezogenen Leistung, des erzielten, die Güte der Bauart besonders kennzeichnenden mittleren Druckes und des spezifischen Brennstoffverbrauchs in Abhängigkeit von der Drehzahl.

Die Verbesserung der einzelnen vergleichbaren Kurven gegenüber den zeitlich vorhergehenden Motortypen ist durch Schrägstrichelung kenntlich gemacht. Ein stetiger Fortschritt ist nicht zu verkennen. Er kommt auch in den Zahlen der je Kilogramm Motorgewicht erzielten Höchstleistung in PS bei durchweg mäßig gehaltener Drehzahl charakteristisch zum Ausdruck. Während noch der E I 18/42 PS-Motor mit 272 kg, der 8/21er G-Motor mit 148 kg und der C 10/30er Motor mit 215 kg Gewicht einen Materialaufwand von 7 bis $6^1/_2$ kg/PS erforderten,

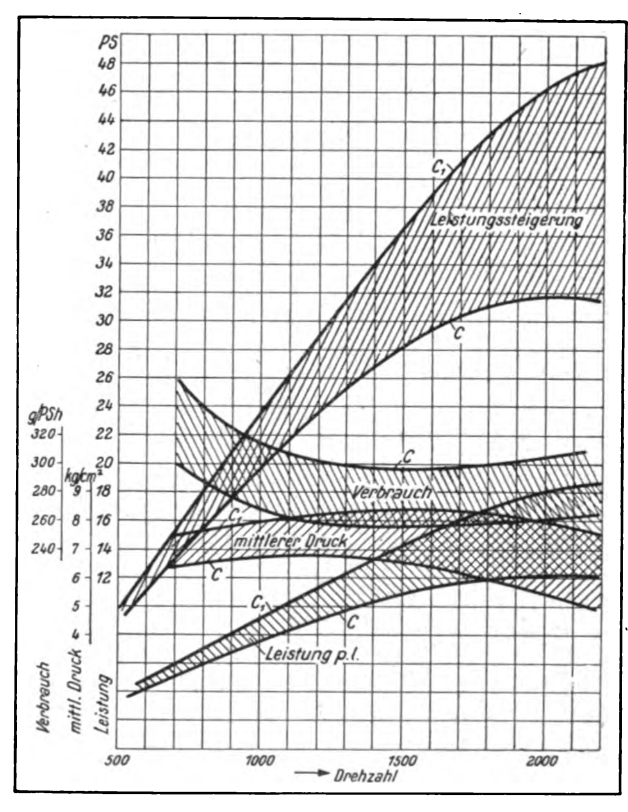


Bild 22. Kurven von C- und C1-Motoren, beide mit 80 mm Bohrung und 130 mm Hub.

ging dieser beim 230 kg schweren 10/45er C I-Motor mit gußeisernem Kolben auf 5,1 kg und mit Aluminiumkolben auf 4,8 kg je PS herunter.

Die selbsttätige Signalsicherungsanlage der Nord-Süd-Bahn A.-G., Berlin, 1923

Von Dr.-Ing. Arndt, Blockwerk der Siemens & Halske Akt.-Ges.

(Schluß.)

Die halbselbsttätige elektrische Stellwerkanlage, Bauart Siemens.

In ihrer Gesamtheit besteht die elektrische Stellwerkanlage aus dem Schalterwerk und den selbsttätigen Blockeinrichtungen, den elektrischen Antrieben zum Bewegen der Weichen und Fahrsperren und aus den Stromerzeugern. Das elektrische Schalterwerk leitet die Stellströme durch Kabel zu den Antrieben mit Hilfe nebeneinander angeordneter Schalter. Es entspricht im allgemeinen der bei der Deutschen Reichsbahn A.-G. und im Auslande vielfach verwendeten bewährten Form. Für die Nord-Süd-Bahn-Schalterwerke wurden einige Abweichungen von der Regelform entwickelt. An die Stelle des Drehknebels zur Betätigung der Schalterachsen trat ein Handfallenhebel von einfacher, kräftiger Form. Weichen- und Signalhebel sind in ihren Einzelheiten vollkommen gleich ausgebildet.

Äußerlich sind die Weichen- und Signalhebel durch farbige Ringe am Hebelkopf unterschieden. Die Weichenhebel tragen einen blauen, die Signalhebel einen roten Emaillerand. Neben diesen Hebeln ist in den Schalterwerken Seestraße, Wedding und Stettiner Bahnhof zur Umschaltung auf den selbsttätigen Betrieb ein Umleithebel vorhanden, der zur guten Unterscheidung mit den übrigen Hebeln mit einem grünen Emaillerand versehen ist. Der Umleithebel selbst ist in der gleichen Weise durchgebildet wie die übrigen Hebel.

Für jede Fahrt mit Signal ist in den Nord-Süd-Bahn-Schalterwerken ein Hebel vorhanden, der in der Grundstellung nach hinten unter einem Winkel von etwa 70° geneigt steht.

Die Bewegung jedes Hebels, gleichgültig ob Signal- oder Weichenhebel, geschieht gleichartig immer in der Richtung von hinten nach vorn.

Die Schaltung der Stromläufe entspricht im allgemeinen der Siemens-Regelform. Ihre Einfachheit ist bekannt. Dem Bedürfnis nach schnellster Überprüfbarkeit aller Stromwege ist in weitem Maße entsprochen[1]).

[1]) Siehe Druckschrift Bl. 125, Ausgabe 1915.

Die Verkleidung des Schalterwerkes ist in gebeiztem Teak- oder Eichenholz ausgeführt, wobei das Blockwerk den Wünschen des Bestellers nach einfachen, aber gefälligen Formen Rechnung trug. Um eine gleichmäßige äußere Wirkung zu erzielen, sind auch der Schrank für die mit dem Schalterwerk in elektrischer Verbindung stehenden selbsttätigen Blockeinrichtungen sowie die Umrahmungen der über dem Schalterwerk angebrachten Gleistafel und der Schalttafel in der gleichen Holzart ausgeführt.

Alle Blockrelais des gesamten Stellwerkbezirkes sind in dem schrankartig ausgebildeten Blockwerk gut zugänglich untergebracht. Ihre zentrale Unterbringung ist in den Stellwerkbezirken mit Rücksicht auf übersichtliche und schnelle Prüfung erwünscht.

In manchen Stellwerkanlagen, in denen die Anschlußstellen der Blockrelais an die isolierten Blockstrecken sehr weit, oft bis zu einigen hundert Metern, vom Stellwerk entfernt liegen, zwingt der nicht unbeträchtliche Spannungsabfall in den Relaisanschlußleitungen frühzeitig zur Verwendung von besonderen Zwischenrelais. Diese werden dann durch einen Kontakt des an der isolierten Blockstrecke belassenen Blockrelais angeschaltet, und das im Blockwerk untergebrachte Zwischenrelais wiederholt so die Tätigkeit des Blockrelais. Je höher nun im allgemeinen die zum Betrieb einer isolierten Blockstrecke erforderliche Spannung einer bestimmten Blockrelaisart ist, um so weniger ist eine solche Relaisart zur Überwindung größerer Entfernungen zwischen den isolierten Blockstrecken und dem elektrischen Stellwerk ohne Zwischenrelais geeignet. Durch die Zwischenrelais wird die Übersicht beeinträchtigt und die Unterhaltung und Prüfung der Anlage verwickelter. Für den Betrieb müssen zweifellos Relaisarten nützlicher sein, für die selbst bei sehr großen Entfernungen Zwischenrelais nicht erforderlich sind. Nach diesem Grundsatz ist das Siemens-Blockrelais entwickelt worden. Die von ihm benötigte Spannung an den Fahrschienen beträgt nur wenige Zehntel Volt, und es wird dadurch möglich, die für Schnell-

bahnverhältnisse in Betracht kommenden Entfernungen ohne Zwischenrelais zu überwinden; außerdem werden die Gleisisolierungen billiger.

Die Gleistafeln über den Schalterwerken erhielten Beleuchtungseinrichtungen besonderer Art. Sie sind so ausgebildet, daß jede Lampe mit Hilfe eines Steckkontaktes sehr leicht und schnell im Betrieb ausgewechselt werden kann. Damit ist eine hohe Betriebsbereitschaft dieses wichtigen Hilfsmittels im Sicherungsbetriebe erreicht.

Einen guten Vergleich der äußeren Verschiedenheit der Siemens-Schalterwerke nach der Regelform und der Schnellbahn Nord-Südbahn-Ausführung geben die Bilder 1 und 2. Das erste Bild stellt die übliche Form dar, Bild 2 zeigt das vollständige Stellwerk des Bahnhofs Seestraße, in der Mitte vorn das Schalterwerk, dahinter das selbsttätige Blockwerk mit 10 Blockrelais und über dem Schalterwerk die Gleistafel. Im Bilde ist auf der linken Wand des Stellwerkraumes auch noch die Schalttafel für die Lieferung von Gleichstrom von etwa 130 V Spannung für die Motoren der Weichen und Fahrsperren zu erkennen.

In der Mitte der etwa 2 m langen Hebelbank sind die Weichenhebel, zu ihren beiden Seiten die Signalhebel angeordnet. Die nach hinten geneigten Hebel befinden sich in der Grundstellung, die nach vorn geneigten Hebel sind für Zugfahrten umgestellt.

Hinter jedem Weichenhebel sind auf der schrägen Wand der Holzverkleidung zwei übereinander angeordnete Schaugläser sichtbar, eins enthält ein transparentes Plus-, das andere ein Minuszeichen, das je nach der Stellung der Weiche von einer hinter dem Schauglas angeordneten Lampe erleuchtet wird. Die Lampe erhält Strom in der Endlage des elektrischen Antriebes über einen vom Überwachungsmagneten geschlossenen Kontakt sowie über einen Hebelkontakt. Ist in dem Schauglas das Plus- oder Minuszeichen beleuchtet, so erkennt der Wärter, daß die Weichenzungen ordnungsmäßig in die Endlage gelangt sind.

Beim Umstellen der Weiche oder bei Störung des Überwachungsstromkreises erlischt die Meldelampe.

Die Gleistafel zeigt in erleuchteten Schlitzen den Betriebszustand aller Haupt-, Nebengleise und Weichen. Es sind zwei Aufstellgleise zum



Bild 1. Siemens-Schalterwerk, Regelform.

Umsetzen der aus der Richtung Leopoldplatz kommenden Züge vorhanden. Die auf der linken Seite der Gleistafel angegebenen Leuchtschlitze verdeutlichen die nach dem Betriebsbahnhof führenden Gleise.

Mit acht halbselbsttätigen Signalen leitet und sichert der Wärter das Ein- und Aussetzen sowie das Umsetzen der Züge. Das die Ausfahrt aus dem Bahnhof in die freie Strecke, Richtung Leopoldplatz, erlaubende Signal ist selbsttätig. Auf seine Stellung hat der Wärter keinen Einfluß.

Bild 3 zeigt Schalterwerk und Gleistafel auf



Bild 2. Siemens-Schalterwerk, Stellwerk Seestraße.

Bahnhof Wedding. Da hier der Stellwerkraum klein ist, wurden die selbsttätigen Blockeinrichtungen in einem Nebenraum untergebracht.



Bild 3. Stellwerk Wedding.

Der Bahnhof Wedding hat, wie die Gleistafel über dem Schalterwerk erkennen läßt, ein Aufstellgleis, das über 3 Weichen mit dem Hauptgleis in Verbindung steht. An der linken Seite des Schalterwerkes, an der Wand des Stellwerkraumes, sitzen in einem besonderen Kasten die plombierten Drehschalter der Befehlsignale.

Die Gleisanlage des Stettiner Bahnhofes entspricht der des Bahnhofs Wedding in allen Teilen, deshalb ist auch die gesamte Stellwerkanlage in gleicher Weise durchgebildet worden.

Der Bahnhof Gneisenaustraße war eine Zeitlang Endbahnhof mit einem aus 4 Weichen bestehenden Kreuz, das auf der nördlichen Bahnsteigseite eingebaut war. Schalterwerk, Blockrelais und Gleistafel dieses Provisoriums zeigt Bild 4. Mit der Inbetriebnahme des Bahnhofs Hasenheide wurden die halbselbsttätigen Signale des Bahnhofs Gneisenaustraße für den rein selbsttätigen Betrieb eingerichtet, und das Schalterwerk mit den Nebeneinrichtungen wurde zur Verwendung auf Bahnhof Hasenheide bestimmt. Die Umschaltung geschah während der Betriebspause in einer Nacht und vollzog sich reibungslos. Das Stellwerk des Bahnhofs Hasenheide zeigt keine wesentlichen Unterschiede gegenüber der früher auf Bahnhof Gneisenaustraße verwendeten Form.

Die äußere Form und Durchbildung der Weichen- und Signalhebel und den Zusammenhang zwischen Hebel und Schalterachse zeigt der Querschnitt und die Vorderansicht des Siemens-Schalterwerkes, Bild 5. Die Übertragung vom Hebel h auf die Achse a geschieht in einfacher Weise durch eine besondere Gelenkverbindung 1 bis 4, bei der tote Wege und das Spiel in dem Übertragungszapfen 3 auf ein Mindestmaß beschränkt sind. Vom Wärter aus gesehen, steht im Schaubild in der Grundstellung der Hebel nach hinten geneigt. Die Laschen 4/4 der Gelenkverbindung weisen in dieser Lage nach unten. Will der Wärter den Hebel nach vorn umlegen, so hebt er den als Handfalle ausgebildeten Hebel aus der Rast γ_1 heraus und führt den Hebel nach vorn in die im Bilde strichpunktiert angedeutete umgelegte Lage. Beim Loslassen des Hebelgriffes wird durch eine in seinem Innern untergebrachte Feder der Hebel in die zweite Rast γ_2 gedrückt. Bei der Hebelbewegung dreht sich die Gelenkverbindung nach oben, wodurch die Schalterachse a um einen rechten Winkel verdreht wird. Die Schalterachse führt also im vorliegenden Falle die gleiche Drehbewegung aus wie bei der Regelform.



Bild 4. Stellwerk Gneisenaustraße.

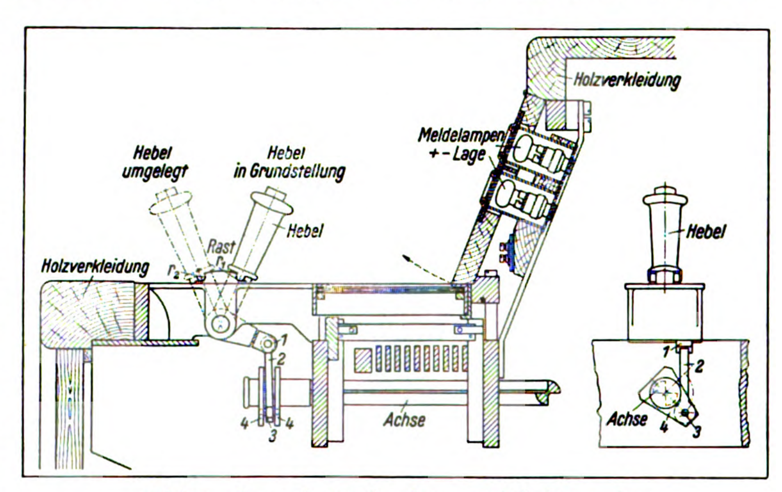


Bild 5. Querschnitt des Siemens-Schalterwerkes.

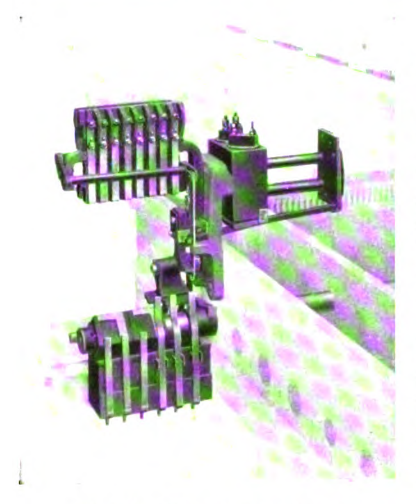


Bild 6. Weichenschalter.

Auf der schrägen Vorderwand der Holzverkleidung ist im Bilde auch die Anordnung der Meldelampen für die Plus- oder Minuslage des Weichenhebels ersichtlich. Jede Lampe ist in einem kurzen Rohr angeordnet. Soll eine Lampe ausgewechselt werden, so wird die in Scharnieren hängende Vorderwand hochgeklappt. Der Bedienende zieht dann das Rohr heraus und hat die in einem Bajonettverschluß sitzende Glühlampe in einfacher Weise zur Auswechslung frei.

Der innere Einbau des Schalterwerks entspricht im übrigen in allen Einzelheiten der Regelform. Der Vollständigkeit halber seien noch in den Bildern 6 und 7 die inneren Einrichtungen des Weichen- und Signalschalters gegeben. Die Ausbildung der Magnete und der die Bewegung des Hebels hindernden Sperren verdeutlicht das Bild 8 und einige dieser Sperren selbst das Bild 9. Die Ausführung der bewährten Topfmagnete nebst Anker und Sperrstange veranschaulicht Bild 10. Ein vollständiges Bild des Schalterwerkrahmens und aller darin enthaltenen Teile bei abgenommener Holzverkleidung gibt Bild 11.

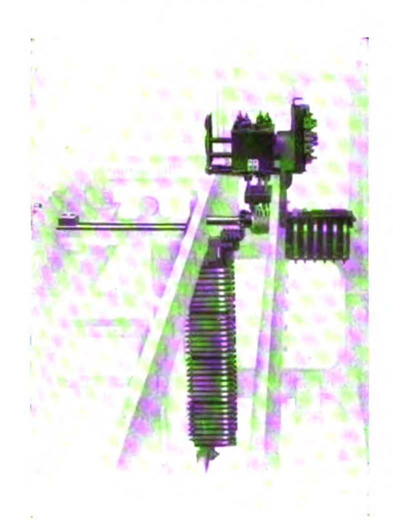


Bild 7. Fahrstraßensignalschalter.

Eine Ansicht des selbsttätigen Blockwerkes mit herausgenommenen Schiebetüren zeigt Bild 12. Im unteren Fach des Schrankes sind die Sicherungen und Anschlußklemmen aller in Betracht kommenden Stromkreise zugänglich und übersichtlich untergebracht. Die Blockleitungen werden in seitlichen Kanälen geführt, die mit Querkanälen in Verbindung stehen. Die seitlichen und die Querkanäle erscheinen in dem Bilde durch breite Holzleisten abgedeckt. Auf den Querkanälen sind die Blockrelais, im Bilde beispielsweise 12 Stück, aufgestellt. Die Blockleitungen führen aus den Querkanälen unmittelbar an die Klemmen jedes Relais. Die Klemmen selbst sind, wie an anderer Stelle mitgeteilt, durch einen Schutzdeckel verschlossen.



Bild 8. Magnete und Sperren des Fahrstraßensignalschalters.

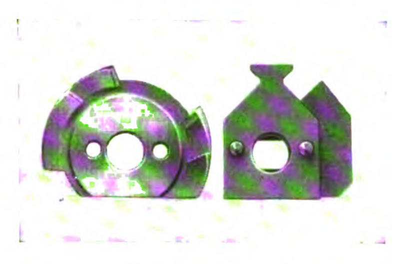


Bild 9. Sperren am Fahrstraßensignalschalter.

In den Gleistafeln sitzen die zur Beleuchtung der einzelnen Schlitze dienenden Lampen in lichtdichten Kammern. Die Vorderansicht einer solchen Gleistafel, bei der die die Schlitze enthaltende Vorderplatte entfernt ist, zeigt das Bild 13.



Bild 10. Sperrmagnet (Topfmagnet).

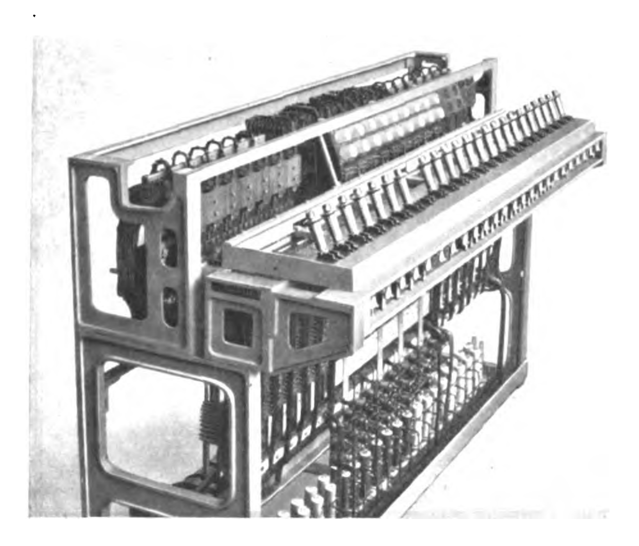


Bild 11. Schalterwerk, Holzverkleidung abgenommen.

Die Einteilung der einzelnen Lichtkammern gibt die Gleisanlage und die Anordnung der Signale deutlich wieder. Die eng aneinander gerückten 2, 3 und 4 Lichtkammern von fast quadratischem Querschnitt stellen die Signale dar, und die in größerem Abstand voneinander angeordneten übrigen Lampen beleuchten Gleis- oder Weichenabschnitte. Die Lampen werden jede für sich auf der Rückseite der Gleistafel eingeführt und durch einen einfachen Bajonett-verschluß festgehalten. Die Ausbildung der Lampe sowie ihre Fassung und ihre Kontakt-



Bild 12. Selbsttätiges Blockwerk, Schrank geöffnet.

stecker zeigt Bild 14; der Stecker sowie die Lampe selbst sind aus ihrer Fassung heraus-genommen.

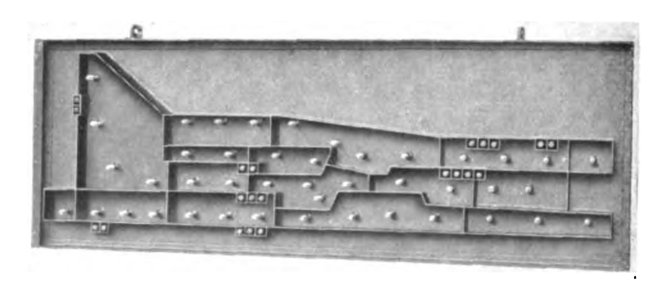


Bild 13. Gleistafel, Vorderplatte entfernt.

Die für den Betrieb der selbsttätigen Block-relais und der Tunnellichtanlage in den Stell-werkbezirken erforderlichen Wechselstromspan-nungen werden einem im Bild 13 dargestellten Transformator entnommen. Dieser Transformator ist im Stellwerk-raum unterge-bracht. Er sitzt in einem verschließ-baren und ver-glasten Schrank.

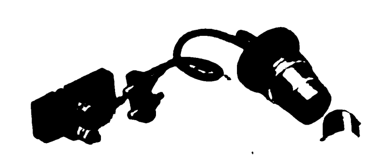
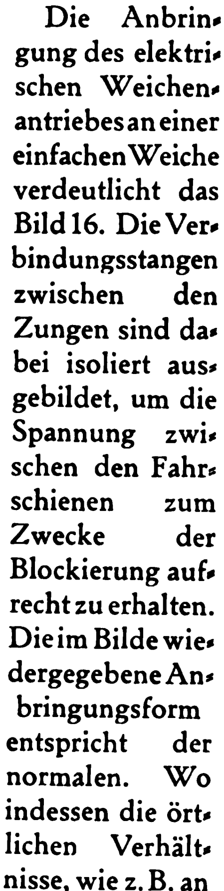


Bild 14. Gleistafellampe, aus der Fassung herausgenommen, Stecker herausgezogen.



Die Anbrin-gung des elektri-schen Weichen-antriebes an einer einfachen Weiche verdeutlicht das Bild 16. Die Ver-bindungsstangen zwischen den Zungen sind da-bei isoliert aus-gebildet, um die Spannung zwi-schen den Fahr-schienen zum Zwecke der Blockierung auf-recht zu erhalten. Die im Bilde wie-dergegebene An-bringungsform entspricht der normalen. Wo indessen die ört-lichen Verhält-nisse, wie z. B. an den Weichenkreuzen Bahnhof Hasenheide und andernorts, ungünstig sind, mußten die Weichen-antriebe wegen des Wagenprofiles außerordent-



Bild 15. Stellwerkstransformator im Schrank.

lich tief und eng aneinander gesetzt werden. Die Lösung dieser Aufgabe stellt Bild 17 dar. In diesem Bild sind neben den Weichenantrieben und ihrem Gestänge auch noch die vor den Weichenzungen eingebauten Schutzabdeckungen der Drosselstöße sowie ein zwischen den Gleisen stehender Blockschrank sichtbar.

Die selbsttätige Signalsicherungsanlage der Nord-Süd-Bahn A.-G., Berlin, stellt in ihrer Gesamtheit einen beachtlichen Schritt in der Entwicklung neuzeitlicher Schnellbahn-Sicherungsanlagen dar. Eine Reihe von Sonderaufgaben konstruktiver und experimenteller Natur war vom Blockwerk zu lösen. Gründliche Erprobungen dieser Einrichtungen im Betriebe gingen ihrem endgültigen Einbau in die Betriebsstrecken voraus. Sie bewiesen ihre Eignung und Brauchbarkeit. Theorie und Praxis haben gemeinsam zu dieser Entwicklung beigetragen.

Die Vorteile der selbsttätigen Sicherungseinrichtungen sind von den deutschen Schnellbahnen erkannt worden. Eine beachtenswerte Zahl selbsttätiger Streckenblocks arbeitet bereits mit Nutzen im Betriebe. Neben der Berliner Hochbahn, die in Deutschland als erste Schnellbahn selbsttätige Signale verwendete, sind nunmehr die Nord-Süd-Bahn A.-G. und weitere deutsche Schnellbahnlinien, z. B. die Hamburger Hochbahn A.-G., getreten. Andere Bahnen stehen im Begriff, sich der neuen Sicherungsart mit Vorteil zu bedienen. Auf dem Kontinent sind auch ausländische Bahnen dabei, selbsttätige Signale einzubauen, z. B. die in der Elektrisierung begriffene Wiener Stadtbahn[1]) und die elektrische Bahn Piräus—Athen in Griechenland.

Neue Entwicklungsmöglichkeiten können wohl für den selbsttätigen Streckenblock als gegeben angesehen werden. Es sei auch an die in letzter Zeit in den Brennpunkt der Betrachtung gerückten selbsttätigen Zugkontrolleinrichtungen gedacht, die bekanntlich beim irrtümlichen oder mißbräuchlichen Überfahren eines Haltsignals in Zusammenhang mit dem Block in Wirksamkeit treten. Zwar erfüllen die früher beschriebenen, im Gleis angebrachten und durch einen

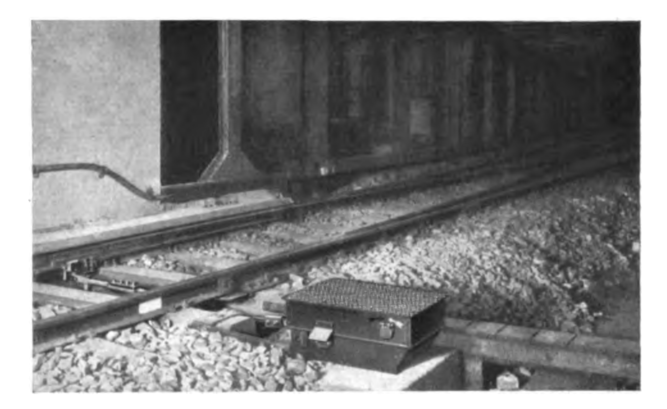


Bild 16. Elektrischer Weichenantrieb.

elektrischen Antrieb bewegten Fahrsperren den gleichen Zweck, doch sind hierbei bewegte, der Abnutzung unterworfene Teile in den Kauf zu nehmen. Die neuen Zugkontrolleinrichtungen dagegen vermögen auf rein elektrischem Wege ohne bewegte Teile den Zug zu beeinflussen. Es scheint daher wohl Aussicht vorhanden zu sein, daß unter gewissen Bedingungen diese Einrichtungen die mechanisch-elektrischen Fahrsperren ersetzen werden.

Soweit sich schon heute übersehen läßt, scheinen die selbsttätigen Zugkontrolleinrichtungen, die im Sicherungsbetriebe als ein wertvolles Ergänzungsmittel entwickelt werden können, besonders bei den Betriebsverhältnissen der Schnellbahnen geeignet zu sein, mit dem selbsttätigen Streckenblock zusammenzuwirken. Die technischen Schwierigkeiten, die sich der Lösung dieser Aufgabe entgegenstellen, werden von den

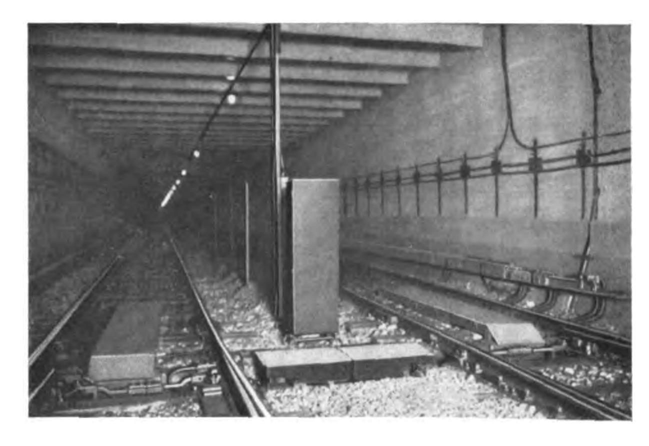


Bild 17. Weichenantrieb zwischen den Gleisen auf Bahnhof Hasenheide.

maßgebenden Fachleuten des In- und Auslandes nicht verkannt. Sie trotzdem in ruhiger, nicht überstürzter Entwicklung und unter Einsatz ver-

[1]) Inzwischen ist vom Blockwerk gemeinsam mit dem Wiener Werk am 3. Juni d. J. die selbsttätige Signalsicherungsanlage der Wiener Stadtbahn auf der Strecke Hütteldorf—Alserstraße in Betrieb genommen worden. Die Inbetriebnahme der Piräusanlage steht bevor.

nünftiger Mittel zu beheben, erscheint notwendig und auch wohl möglich. Eine solche Vereinigung hochwertiger Sicherungsmittel bedeutet natürlich eine nicht unwesentliche wirtschaftliche Mehrbelastung des Bahnbetriebes. Es erscheint aber mit ihnen alles nur Menschenmögliche getan, um den Schnellbahnverkehr in weitestgehendem Maße zu sichern.

Die elektrisch betriebenen Umkehrstraßen der Firma Les Petits-Fils de F[ois] de Wendel & Cie., Joeuf (Frankreich)

Von Dipl.-Ing. Siebert und Ingenieur Stork, Abtlg. Industrie der SSW.

Die wirtschaftliche und betriebstechnische Überlegenheit des elektrischen Antriebes für Walzenstraßen — sowohl für Umkehr- als auch für durchlaufende Straßen — hat mehr und mehr dazu geführt, daß bei Neuanlagen und bei Ersatz veralteter Dampfantriebe dem elektrischen Antrieb der Vorzug gegeben wird. Ein Beispiel hierfür bietet der Umbau bzw. Neubau der Umkehr-Walzenstraßen bei der Firma Les Petits-Fils de F[ois] de Wendel & Cie., Joeuf (Frankreich), für die die Siemens-Schuckertwerke die elektrische Ausrüstung geliefert haben. Der Lageplan des Ilgner-Kraftwerks und der drei elektrisch betriebenen Umkehrstraßen ist in Bild 1 gegeben. Es sind vorhanden: eine Umkehr-Duo-Blockstraße mit einem Gerüst von 820 mm Durchmesser, eine dahinterliegende Duo-Knüppelstraße mit einem Gerüst von 880 mm Durchmesser und eine seitlich zur Knüppelstraße in derselben Achse mit dieser angeordnete Duo-Fertigstraße mit drei Gerüsten von 750 mm Durchmesser.

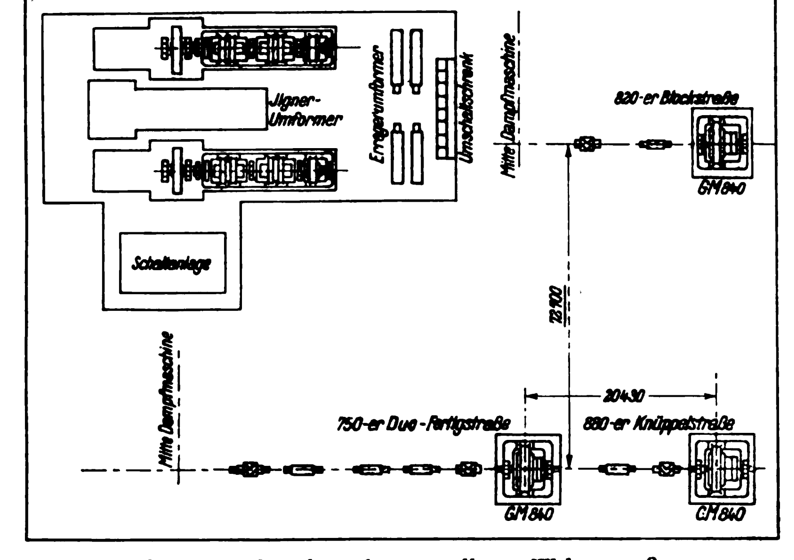


Bild 1. Lageplan der schwungradlosen Walzenstraßen.

Bemerkenswert ist die Anordnung der Ilgner-Umformer in dem Ilgner-Kraftwerk, das Bild 2 zeigt. Die gegenwärtige Ausrüstung des Ilgner-Kraftwerks besteht aus zwei Ilgner-Umformern I und III mit je vier Steuerdynamos, einem Drehstrom-Antriebsmotor (Steuermotor) von 3300 kW Dauerleistung bei 600 synchronen Umdr/min und einem Schwungrad von 44,5 t Gewicht mit einem nutzbaren Energieinhalt zwischen 590 und 470 Umdr/min von 120000 PSs. Die Schwierigkeit der Aufgabe lag darin, auf der zur Verfügung stehenden Baufläche von 20×27 m $= 540$ m^2 nicht nur diese beiden Ilgner-Umformer aufzustellen, sondern auch einen späteren Ausbau dieser beiden Ilgner-Umformer durch je zwei Steuerdynamos und die Aufstellung eines weiteren Ilgner-Umformers II in derselben Ausführung, wie die bisher gelieferten, zu ermöglichen. Letzterer Ilgner-Umformer soll zwischen den beiden vorhandenen zur Aufstellung kommen. Die Fundamente sind bereits für die drei Ilgner-Umformer und zwar für den vollen Ausbau errichtet. Bei vollem Ausbau wird die gesamte aufgestellte Maschinendauerleistung 31400 kW betragen bei einem nutzbaren Energieinhalt der Schwungräder von 360000 PSs. Die Lösung der Aufgabe ist einerseits durch die gedrängte Bauart der Ilgner-Umformer ermöglicht, indem immer zwei Steuerdynamos zwischen zwei Lagern angeordnet sind, andererseits gestattete die gewählte synchrone Umdrehungszahl der Umformer von 600 die Verwendung von verhältnismäßig kleinen Maschinentypen. Zwecks besserer Ausnutzung der Schwungmassen ist durch den Umschaltschrank die Möglichkeit einer elektrischen Kupplung gegeben, indem die Walzmotoren durch Steuerdynamos verschie-

dener Umformer gespeist werden können, und dadurch die Schwungräder der betreffenden Umformer zur gemeinsamen Arbeitsabgabe herangezogen werden. Die Zeichnung des Ilgner-Kraftwerks zeigt ferner den Anbau für die Schaltanlage sowie einen zweiten Anbau für den Umschaltschrank und für vier Erreger-umformer. Aus dem Bilde ist auch ersichtlich, daß der letztere Anbau untertunnelt ist. Dieser Tunnel, in dem Gleise für den Blocktransport-wagen verlegt sind, dient zur Beförderung der

Für das Ilgner-Kraftwerk ist mit Rücksicht darauf, daß die Unterbringung der großen Maschinenleistungen in dem verhältnismäßig kleinen Raum eine starke Wärmeentwicklung bedingt, eine besondere Belüftungsanlage vorgesehen. Zu diesem Zweck ist in der Nähe des Maschinenhauses eine Ventilatoranlage aufgestellt, durch die Druckluft in den allseitig geschlossenen Maschinenhauskeller geblasen wird. Wie Bild 4 zeigt, sind unterhalb der einzelnen Maschinen in den Längsseiten der Fundamente

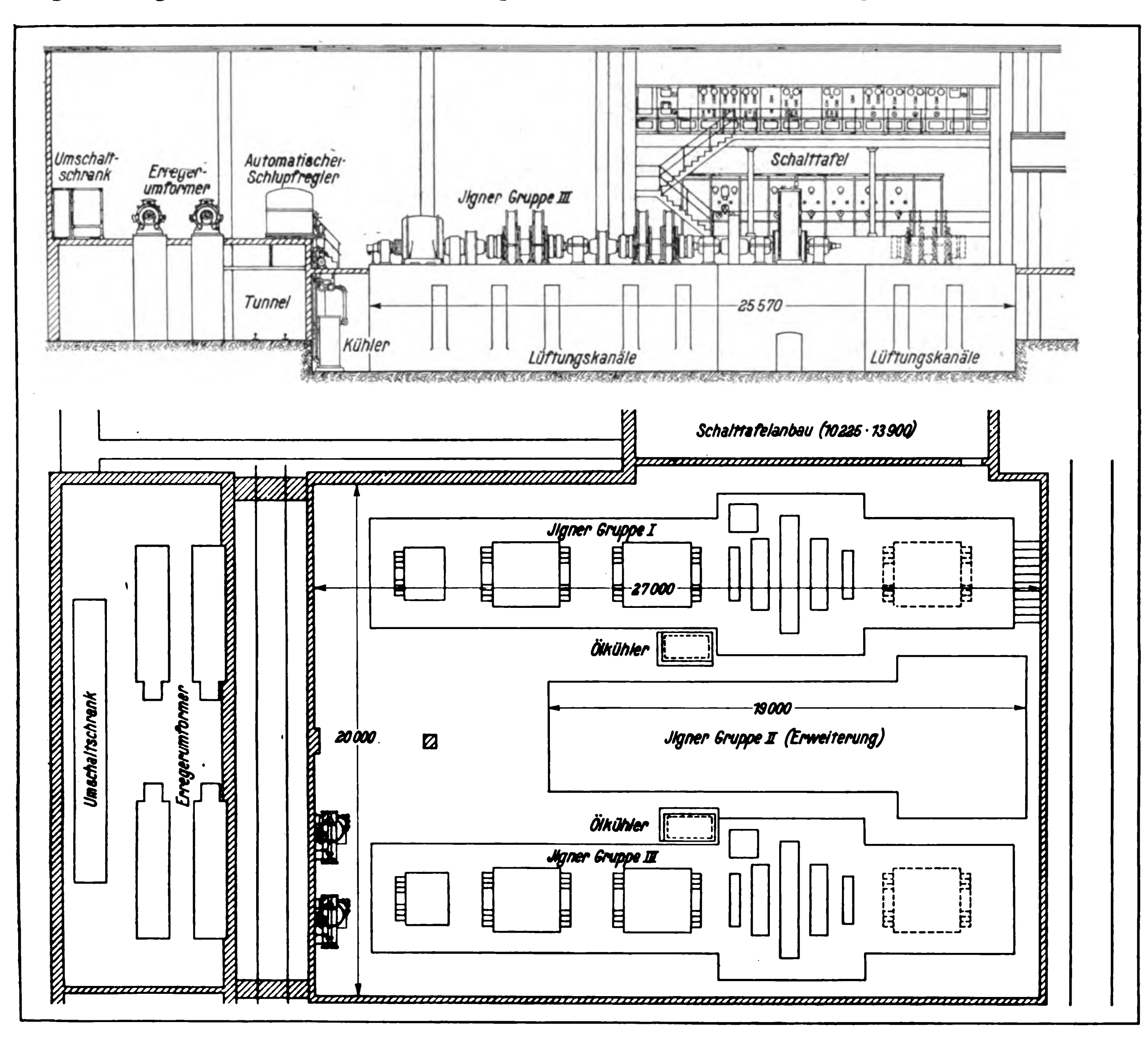


Bild 2. Anordnung der Ilgner-Umformer.

Blöcke vom Stahlwerk nach der Blockstraße. Eine Ansicht des Ilgner-Hauses ist im Bild 3 gegeben.

Kanäle ausgespart, durch die die Kühlluft aus dem Kellerraum in das Innere der Maschinen tritt, hier die Wärme aufnimmt und durch die

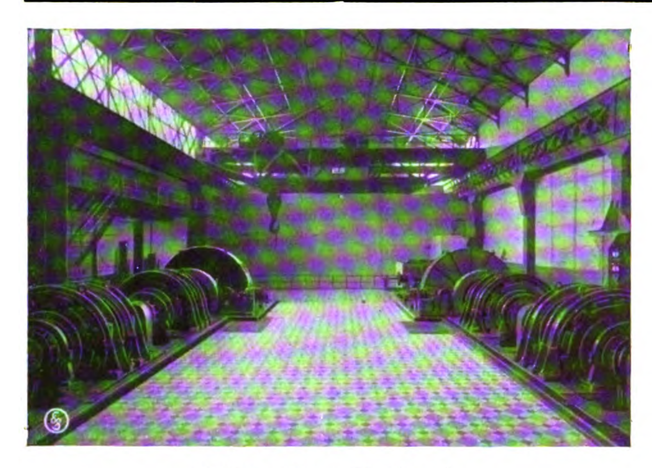


Bild 3. Ilgner-Kraftwerk.

in dem Dach angebrachten Laternen ins Freie entweicht.

Eine schematische Skizze der Ölschmierungsvorrichtung für die Lager der Ilgner-Umformer gibt Bild 5. Die Lager haben Spülölschmierung, die Schwungradlager außerdem noch Preßölschmierung, um das Anfahren der Umformer aus der Ruhelage zu erleichtern. Die Hochdruckölpumpe wird elektrisch, die Niederdruckölpumpe durch Riemen von der Umformerwelle aus angetrieben. Zur Reserve für letztere ist außerdem eine elektrisch angetriebene Niederdruckölpumpe vorgesehen. Beim Anlassen des Umformers wird die Hochdruckpumpe eingeschaltet, die nach Erreichung der Betriebsdrehzahl wieder stillgesetzt wird; während des Betriebes arbeitet normalerweise nur die Riemenpumpe. Versagt diese, so wird selbsttätig der Motor der elektrisch angetriebenen Niederdruckpumpe eingeschaltet, der über einen Transformator an das gleiche Drehstromnetz angeschlossen ist wie der Steuermotor. Versagt auch die elektrisch angetriebene Niederdruckpumpe infolge Ausbleibens der Drehstromspannung, so müssen während des etwa 1/2 Stunde dauernden Auslaufens des Umformers die Lager anderweitig mit Öl versorgt werden. Zu diesem Zweck ist ein etwa 1000 l Öl fassender Hochbehälter vorgesehen, der durch ein Steigrohr mit der Hauptöldruckleitung verbunden ist. An den einzelnen Lagern befinden sich Drosselventile, die so eingestellt sind, daß bei normalem Betrieb die Ölpumpen so viel Öl in den Hochbehälter drücken, daß der höchste Ölstand aufrechterhalten wird. Der Hochbehälter enthält außerdem einen Schwimmer, der die Motorpumpe bei einer Füllung von unter 900 l einschaltet bzw. von über 1000 l ausschaltet. Im Boden des Hochbehälters ist ein mit einem Drosselventil versehenes Ablaufrohr angebracht, das in das Steigrohr mündet. Das Ventil ist so eingestellt, daß beim Ausbleiben des Öldruckes im Steigrohr der Hochbehälter in etwa 1/2 Stunde ausläuft und so die Umformerlager während des Auslaufens des Umformers mit Öl versorgt. Im Keller ist ferner ein Ölbehälter mit Wasserkühlung aufgestellt, aus dem das kalte Öl von

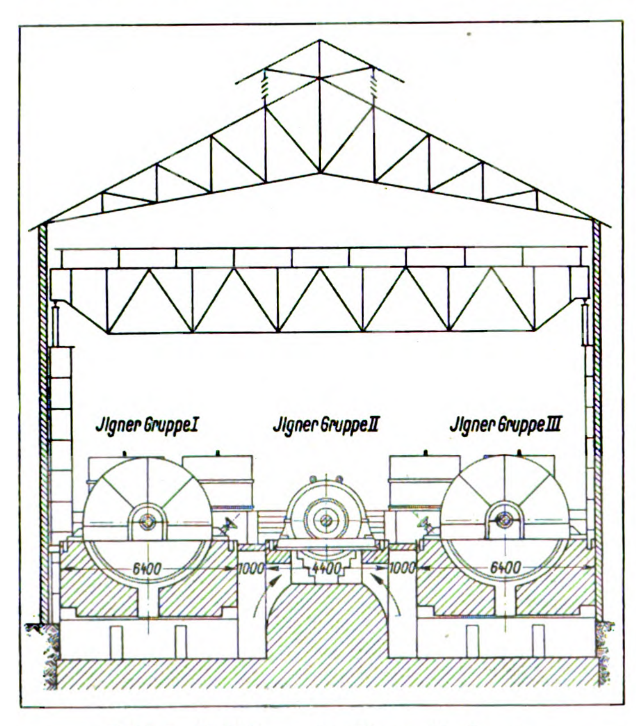


Bild 4. Belüftung der Ilgner-Umformer.

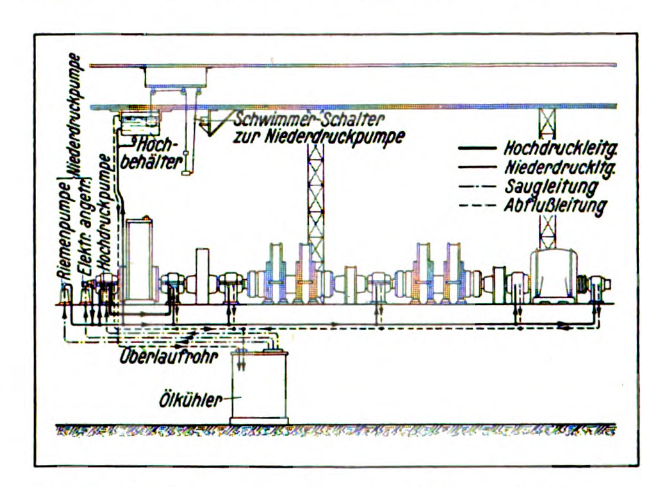


Bild 5. Ölschmierungsanlage für die Ilgner-Umformer.

den Hoch- bzw. Niederdruckpumpen angesaugt wird bzw. in den das heiße Öl aus den Lagern abfließt. Etwa zuviel in den Hochbehälter gefördertes Öl fließt ebenfalls durch ein besonderes Überlaufrohr in den Ölkühler ab.

Die 3 Walzmotoren sind als Einankermotoren in elektrisch und mechanisch gleicher Ausführung, d. h. für gleiche Leistung gebaut. Der Walzmotor zum Antrieb der Blockstraße wird in normalem Betrieb von 2 parallel geschalteten Steuerdynamos gespeist und kann hierbei ein Ausschaltmoment (d.h. ein Drehmoment, bei dessen Überschreitung der Höchststromausschalter den Motor abschaltet) von 215 m/t bis zu 33 Umdrehungen entsprechend einer Höchstleistung von 7300 kW abgeben. Durch Feldschwächung des Motors kann die Umdrehungszahl bis auf ± 120 Umdrehungen geregelt werden. Das Drehmoment-Diagramm bei Betrieb des Motors mit 2 parallel geschalteten Steuerdynamos zeigt Bild 6. Auf der Blockstraße werden Blöcke von 3 t Gewicht in den üblichen Verlängerungen zu Knüppeln ausgewalzt. Die Produktion der Hütte wird nicht nur leicht bewältigt, sondern es ist noch eine erhebliche Steigerung der Produktion mit Rücksicht auf den elektrischen Teil ohne weiteres möglich. Die für den bisherigen Antrieb dienende Dampfmaschine ist zur Reserve stehengeblieben.

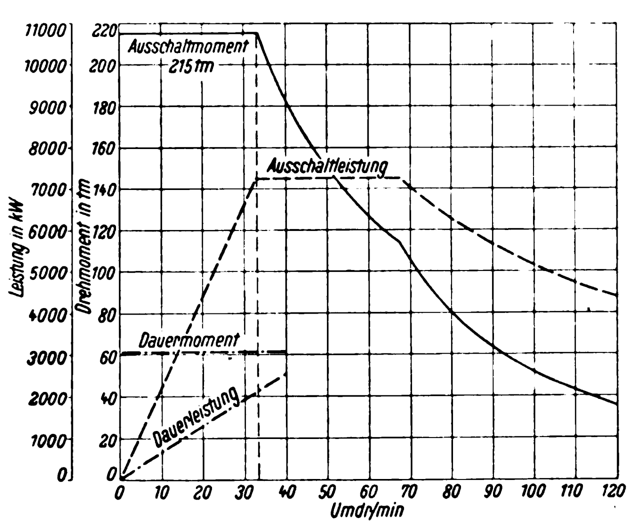


Bild 6. Leistungen und Drehmomente des Walzmotors der Blockstraße.

Von einer Versetzung des Kammwalzenpaares ist beim Umbau Abstand genommen. Es befindet sich deshalb an der dem Motor entgegengesetzten Seite der Straße.

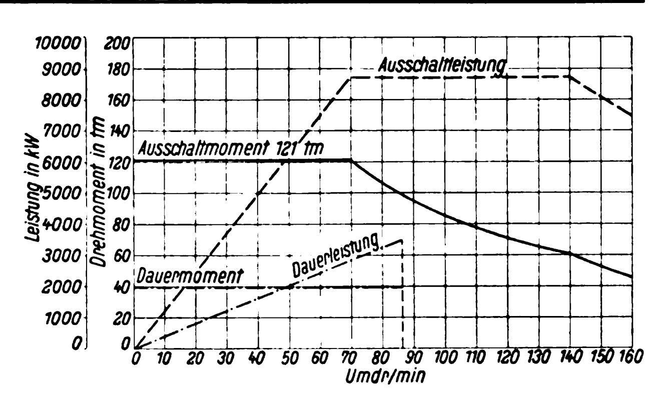


Bild 7. Leistungen und Drehmomente des Walzmotors der Knüppelstraße.

Der Walzmotor für die Knüppelstraße wird normalerweise durch 2 Steuerdynamos in Serie gespeist und kann dabei ein Ausschaltmoment von 121 m/t bis ± etwa 70 Umdrehungen entsprechend einer Höchstleistung von 8600 kW abgeben. Durch Feldschwächung des Walzmotors kann die Umdrehungszahl bis auf ± 160 Umdr/min geregelt werden. Das Drehmomentdiagramm, nach dem der Motor in der oben angegebenen Schaltung arbeitet, zeigt Bild 7. Auf dieser Straße werden die von der Blockstraße kommenden Knüppel bis zu Endquerschnitten von etwa 60×60 ausgewalzt. Auch ist hier eine erhebliche Steigerung der Produktion mit Rück-

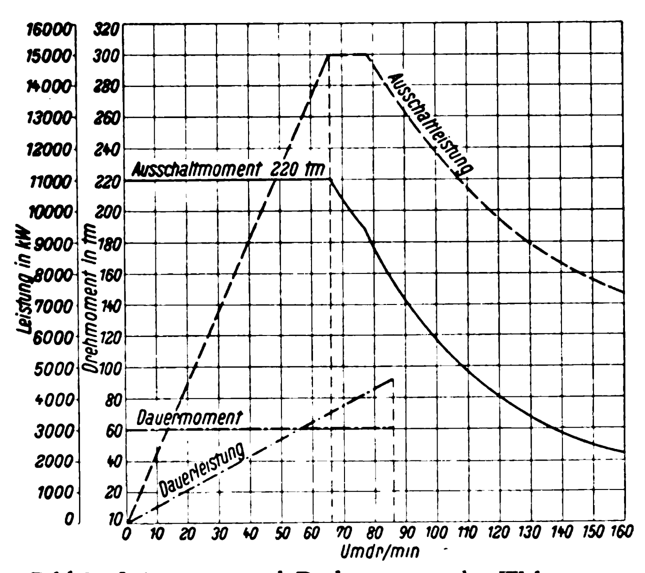


Bild 8. Leistungen und Drehmomente des Walzmotors der Fertigstraße.

sicht auf die elektrische Ausrüstung ohne weiteres möglich.

Auf der 750er Fertigstraße werden in der Hauptsache schwere Schienen und Träger aus-

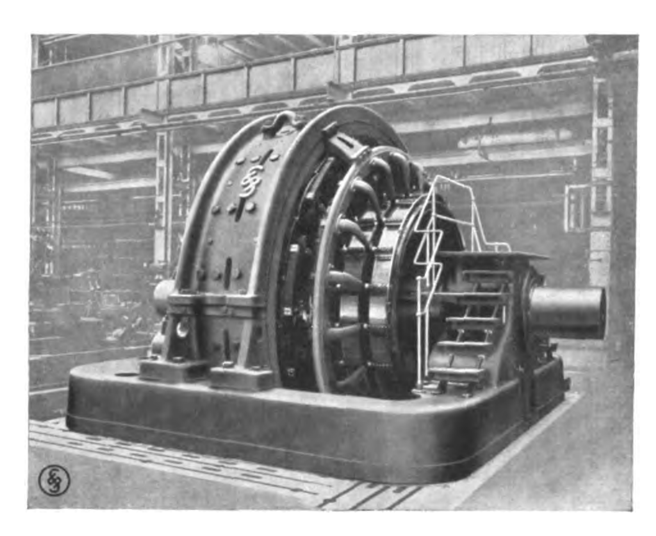


Bild 9. Walzmotor (Prüffeldaufnahme).

gewalzt. Der Walzmotor wird normalerweise durch 4 Steuerdynamos, von denen 2 in Serie

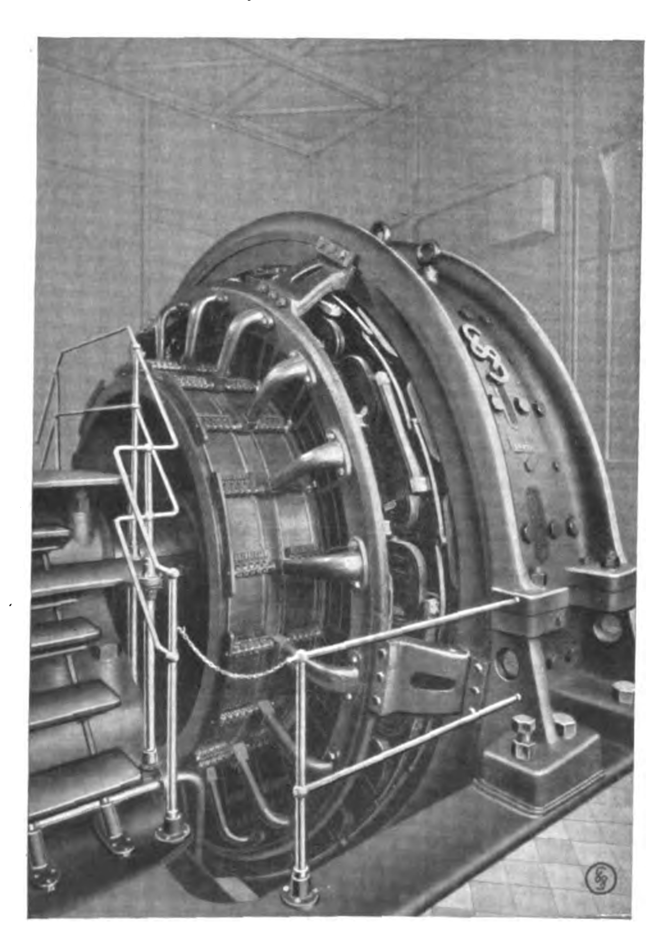


Bild 10. Walzmotor (Betriebsaufnahme).

und die so gebildeten 2 Gruppen parallel geschaltet sind, gespeist und kann hierbei ein Ausschaltmoment von 220 m/t bis zu einer Grunddrehzahl von 66,5 Umdr/min entsprechend einer Höchstleistung von 15000 kW abgeben. Die Drehzahl kann durch Feldschwächung bis auf ± 160 Umdr/min geregelt werden. Das Drehmomentendiagramm dieses Motors ist in Bild 8 dargestellt. Die Schienenstraße wird direkt von der Blockstraße aus versorgt. Die Straße hat 2 Kammwalzgerüste, eins, wie üblich, zwischen Motor und Straße, das andere an der entgegengesetzten Seite für den Betrieb durch die frühere Antriebsdampfmaschine, die zur Reserve stehengeblieben ist.

Die Steuerstände mit Steuerhebel und den zugehörigen Instrumenten befinden sich auf den über der Straße angeordneten Steuerbühnen, die gleichzeitig auch die Steuerwalzen für den Antrieb der Nebenbetriebe enthalten. Auf der Steuerbühne für die Knüppelstraße sind 2 Steuerapparate angeordnet, um durch einfache Umschaltung mittels einer Umschaltwalze den Motor der Fertigstraße auch für den Betrieb der Knüppelstraße steuern zu können. Den Aufbau der Walzmotoren zeigt Bild 9 in der Montagehalle bzw. Bild 10 im Betrieb.

Bild 11 zeigt den Umschaltschrank und die Erregerumformer. Der Umschaltschrank besteht aus sechs Feldern, von denen die mittleren vier für das Umschalten der Ankerstromkreise der Steuerdynamos und der Walzmotoren, die beiden Eckfelder für die Umschaltung der Hilfsstromkreise dienen. Ein Schaltschema für die Schaltung der Motoren und Steuerdynamos entsprechend der bei den einzelnen Walzmotoren angegebenen Schaltungen mittels des Umschaltschrankes ist in Bild 12 dargestellt. Es ist durch den Umschaltschrank möglich, für jeden Motor die Schaltung so zu verändern, daß jeder Motor je nach Bedarf nach jedem der drei in Bild 6, 7 und 8 gegebenen Diagramme beansprucht werden kann und ferner jeden Motor auf die verschiedenen Steuerdynamos umzuschalten. Die Zahl der Umschaltungen, die hierdurch erreicht werden können, beträgt 76.

Die Schaltanlage und der Umschaltschrank sind bereits für den geplanten Ausbau der Ilgner-Umformer I und III durch je zwei Steuerdynamos eingerichtet. Es sind ferner Vorkehrungen getroffen, um den Umschaltschrank später leicht für die Aufstellung des Ilgner-

Umformers II mit vier Steuerdynamos erweitern zu können. Im vollen Ausbau wären dann vorhanden:

2 Ilgner-Umformer mit je 6 Steuerdynamos
= 12 Steuerdynamos,
1 Ilgner-Umformer mit 4 Steuerdynamos
= 4 Steuerdynamos,
insgesamt also 3 Ilgner-Umformer mit 16 Steuerdynamos.

Bei dieser Anordnung ist es dann möglich, alle Walzmotoren gleichzeitig durch je vier Steuerdynamos zu betreiben, so daß also jeder Motor mit dem Momentendiagramm des Fertigstraßenmotors (Bild 8) beansprucht werden kann, wobei noch eine Reserve an Steuerdynamos vorhanden ist.

Die Anlage ist mit den neuesten Sicherheitsvorrichtungen ausgerüstet, von denen das der Siemens & Halske A.-G. geschützte sogenannte Strombegrenzungsrelais besonders zu erwähnen ist. Durch dieses Strombegrenzungsrelais, das nach Art eines Leistungsrelais konstruiert ist, wird erreicht, daß die Walzmotoren genau nach den in dem Momentendiagramm gegebenen zulässigen Beanspruchungen während der Feldschwächperiode geschützt werden, indem bei Überschreiten der zulässigen Stromstärken das Strombegrenzungsrelais den im Ilgner-Stromkreis befindlichen Höchststromausschalter zur Auslösung bringt. Den Schutz des Walzmotors gegen unzulässige Beanspruchung bis zur Grunddrehzahl übernimmt der gleiche auf die hierfür zulässige Höchststromstärke eingestellte Höchststromausschalter. Die Einrichtung ist ferner so getroffen, daß, wenn die Stromstärke eine Größe erreicht, die etwa 20 v. H. unter der dem Ausschaltmoment entsprechenden Stromstärke liegt (eine Stromstärke, die bei normalem Betrieb während des Stiches kurzzeitig zulässig ist), ein Zeitrelais ausgelöst wird, das bei längerer Dauer dieses Stromes als zehn Sekunden den Höchststromausschalter betätigt und so den Motor abschaltet.

Um eine möglichst eindeutige Einstellung der Drehzahl des Walzmotors mittels des Steuerhebels unabhängig von der jeweiligen Drehzahl des Ilgner-Umformers zu erreichen, ist für jeden Walzmotor ein Schnellregler (DRPa) vorgesehen, der, von der Ankerspannung der Steuerdynamos gesteuert, das Feld der Erregerdynamo für die

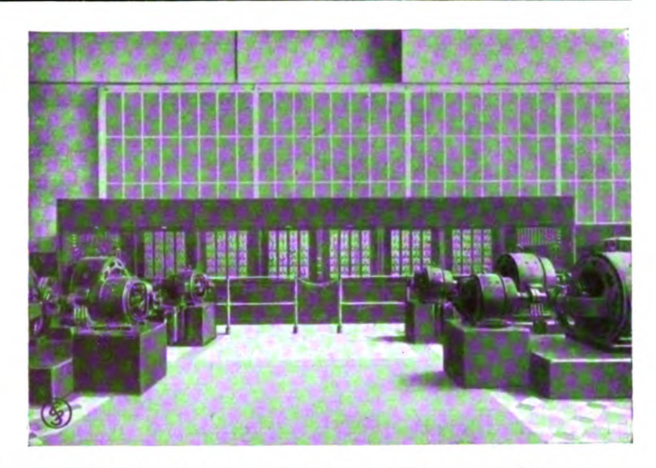


Bild 11. Umschaltschrank und Erregerumformer.

Steuerdynamofelder beeinflußt. Es wird hierdurch erreicht, daß neben einer Herabsetzung der Zeitkonstante die Steuerdynamos selbst bei ihrer tiefsten Drehzahl die volle Betriebsspannung abgeben können[1]).

Besonders zu bemerken ist noch, daß die aufgestellten Maschinen, wie Walzmotoren, Steuerdynamos, Steuermotoren, Erregermaschinen, elektrisch und mechanisch unter sich gleich ausgeführt sind, was zur Vereinfachung der Reservehaltung und der Austauschbarkeit von großer Bedeutung ist.

Die Anlage, die seit 1922 in Betrieb ist, hat allen Ansprüchen des Betriebes genügt und arbeitet zur vollen Zufriedenheit.

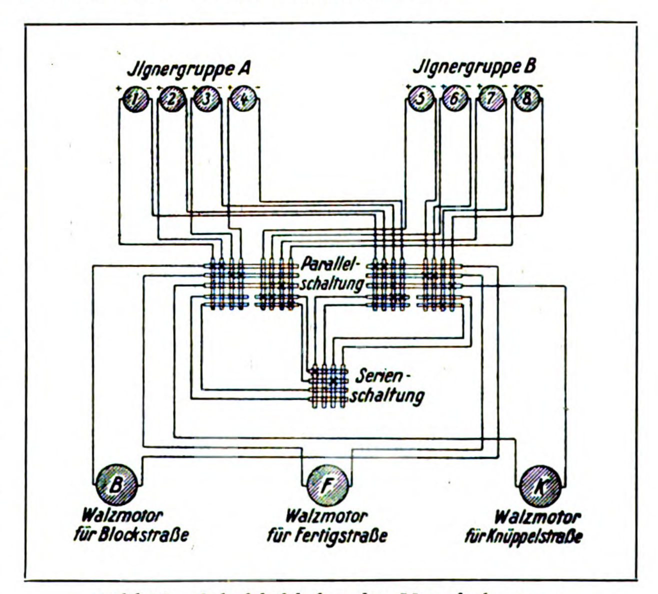


Bild 12. Schaltbild für die Umschaltungen.

[1]) Eine kurze Beschreibung der Wirkungsweise des Schnellreglers enthält die Druckschrift Nr. 2327 „Die Entwicklung der elektrischen Walzwerksantriebe" Seite 7.

Sammlerbetrieb in Telegraphenämtern

Von Oberingr. Alfred Schreiber, Telegraphen-Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Die Versuche, den Blei-Akkumulator der Telegraphie nutzbar zu machen, reichen bis 1885 zurück. In diesem Jahre begann die deutsche Reichstelegraphen-Verwaltung damit, an Stelle von Kupferelementen Sammler für die Telegraphie zu verwenden[1]). Die Versuche befriedigten zunächst noch nicht, endigten aber vorläufig mit dem Erfolge, daß im Jahre 1890 im Keller des Haupttelegraphenamtes in Berlin in der Französischen Straße eine „Tudor"-Batterie aufgestellt wurde. Diese bestand aus 120 Zellen mit 52 Ah Kapazität und 9 A Entladestrom. 80 Zellen der Batterie dienten zur Speisung von Arbeitsstromleitungen, und zwar 96 Hughes- und 144 Morseleitungen; die erforderlichen Spannungen betrugen 160, 140, 120 usw. bis herab zu 20 V. Der Rest von 40 Zellen verblieb als Reserve und wurde bei Bedarf gegen 40 der Betriebszellen ausgewechselt. Durch die Tudor-Batterie wurden im ganzen etwa 6000 Kupferelemente entbehrlich. Die Tudor-Batterie war bis zum Jahre 1903 im Betrieb und entsprach im allgemeinen den an sie gestellten Anforderungen, jedoch hatte man erkannt, daß derart große Zellen, wie man sie sonst nur für den Lichtbetrieb verwendete, für die Telegraphie nicht erforderlich waren, vielmehr auch kleinere Zellen genügten.

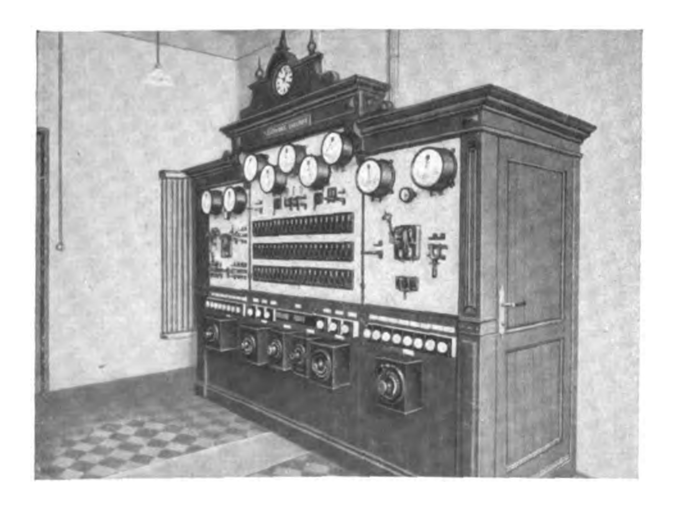


Bild 1. Ladeschalttafel im Telegraphenamt München.

Um die Wende des verflossenen Jahrhunderts setzte dann eine lebhafte Bewegung zugunsten der Sammlerbatterien ein. Die großen Vorzüge des Sammlers veranlaßten die Telegraphen- und Eisenbahnverwaltungen, dem Gedanken näher zu treten, die infolge ihrer großen Zahl schwer unterzubringenden und auch einer ständigen Wartung bedürfenden Primärelemente durch Sammler zu ersetzen. Als Stromquelle für Telegraphenzwecke dienten bis zu dieser Zeit Zink-Kupfer-Elemente, und zwar Meidinger-Ballon- und Krüger-Elemente, von denen in einzelnen Ämtern mehrere 1000 Stück vorhanden waren. Die Unterhaltung der Stromquellen einfacher und billiger zu gestalten, mußte naturgemäß das Ziel wirtschaftlich denkender Verwaltungen sein — kein Wunder also, daß man, erfreut, in dem Sammler das geeignete Mittel gefunden zu haben, unverzüglich daran ging, ihn in die Praxis einzuführen. Jetzt galt es nur noch, zweckmäßige Einrichtungen zu schaffen, mit deren Hilfe die Sammler geladen, zur Stromabgabe umgeschaltet und dauernd auf ihren Zustand geprüft werden konnten.

Eine der ersten Stromlieferungsanlagen dieser Art wurde für die Generaldirektion der Bayerischen Posten und Telegraphen durch die Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, im Telegraphenamt Nürnberg errichtet. Kurz darauf, im Jahre 1900, erhielt das Telegraphenamt München eine umfangreichere Anlage.

Bei dieser Anlage waren für den Betrieb der Telegraphenleitungen drei Batterien von je 100 Zellen und etwa 9 Ah Kapazität in Spannungsstufen von je 10 bis 200 V vorgesehen, und zwar Batterie I mit geerdetem Pluspol, Batterie II mit geerdetem Minuspol, während die Batterie III als Ersatz diente, wenn I oder II geladen wurde.

Um die Batterien möglichst gleichmäßig auszunutzen, wurden ihre Zuleitungen zu einem Gruppenwähler (Linienschalter) geführt, mit dessen Hilfe die weniger beanspruchten Batterien der höheren Spannungen gegen die der mehr benutzten niederen Spannungen ausgetauscht werden konnten. Auf diese Weise erzielte man eine gleichmäßigere Ausnutzung der 50 V-Gruppen jeder Batterie und gleichzeitig einen höheren Wirkungsgrad der Sammler selbst.

Die Leitungen der drei Batterien führten über den Gruppenwähler zur Schalttafel (Bild 1) an

[1]) Nach Angaben des „Archiv für Post und Telegraphie".

je einen Hebelumschalter mit 21 Hebeln und je 3 Stellungen, von hier über Vorwiderstände und Sicherungen zu den Morseapparaten usw. im Telegraphensaal. In Bild 2 ist die Schaltung dieser Anordnung dargestellt.

Für die Antriebsmotoren der Hughesapparate wurde eine besondere Sammlerbatterie von 55 Zellen mit einer Kapazität von 37,5 Ah aufgestellt als Reserve für den Fall, daß der normalerweise benutzte Strom aus dem Stadtnetz einmal ausbleiben sollte.

Die Ortsbatterie für die Morseapparate wurde aus 2 × 2 Zellen der gleichen Type geschaffen, die abwechselnd in Betrieb genommen wurden. Bild 3 zeigt den Sammlerraum.

Zur Ladung der Sammlerbatterien diente der Netzstrom von 110 und 220 V Spannung; er wurde durch Zusatzdynamos auf die erforderliche Spannung von 150 und 270 V gebracht.

Die Spannungsmessung erfolgte mittels Stöpsel, die in dafür vorgesehene Bohrungen an den Drehpunkten der 21fachen Hebelschalter gesteckt wurden.

Die bereits erwähnten Vorwiderstände, hatten den Zweck, bei Kurzschlüssen innerhalb des Amtes die Stromstärke nicht über 1 A anschwellen zu lassen. Diese Widerstände waren aus Glühlampen gebildet und nach den verschiedenen Spannungen abgestimmt, so daß sie bei etwa 1 A schwach leuchteten und dadurch etwaige Unregelmäßigkeiten in der Stromabnahme sofort anzeigten.

Die deutsche Reichstelegraphen-Verwaltung verwendete, wie schon erwähnt, bereits vor 1900 im Telegraphenbetrieb teilweise Sammler, die durch Kupferelemente geladen wurden, führte jedoch den Sammlerbetrieb erst etwa 1903 in größerem Umfang ein. Die deutsche Reichstelegraphen-Verwaltung ging s. Zt. mit dem Austausch der einzelnen Sammlergruppen untereinander noch weiter, als dies in der beschriebenen Anlage der Fall war, und faßte die Sammler zu Gruppen von 5 und 10 Zellen zusammen. Jede dieser Gruppen endet mit den beiden Polen an einem zweiteiligen Stöpsel aus Hartgummi mit Steckern von verschiedener Stärke, damit die Pole nicht verwechselt werden können. Die zugehörigen Klinken sind den Stöpseln entsprechend stark ausgebildet und haben kräftige Federn mit genügendem Kontaktdruck, da Ladeströme bis

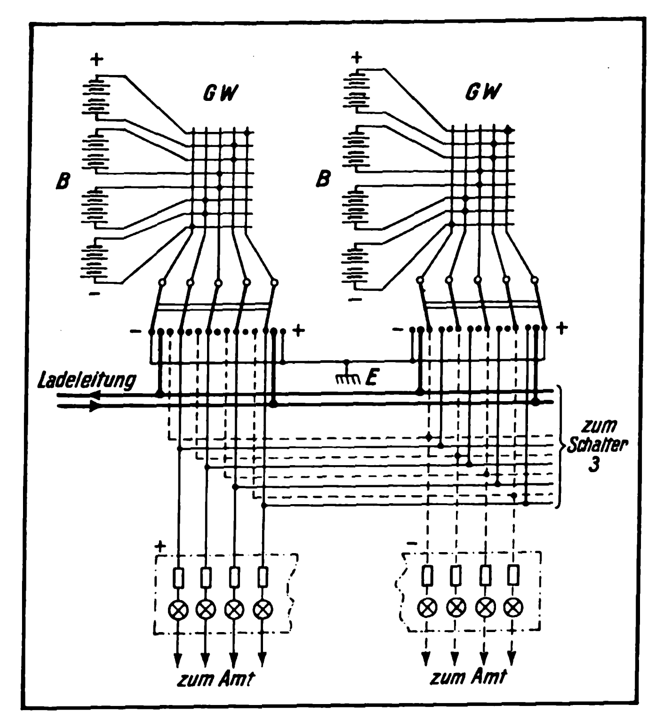


Bild 2. Prinzip-Stromlauf (ältere Ausführung).

etwa 10 A verwendet werden. Infolge der Benutzung von Stöpseln und Schnüren ist ein Austauschen der Sammlergruppen untereinander in großem Umfange möglich, so daß die Gruppen für hohe und niedrige Betriebsspannungen sehr gut ausgenutzt werden können. Die Telegraphierspannungen betragen bis zu 240 V.

Derartige Schalteinrichtungen werden z. B. in der Weise aufgebaut (Bild 4), daß je nach der



Bild 3. Sammlerraum im Telegraphenamt München.

Größe des Amtes eine Anzahl von Ladeklinken mit Ersatzwiderständen vorgesehen wird (Bild 5). Diese wieder haben den zugehörigen Sammler-

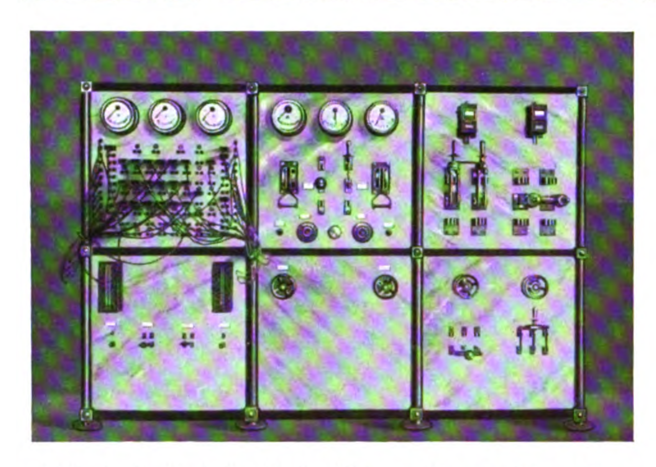


Bild 4. Ladeschalttafel im Telegraphenamt Chemnitz.

stöpseln entsprechend einen größeren Abstand für die 10-zelligen und einen kleineren Abstand für die 5-zelligen Gruppen. Parallel zu den Ladeklinken sind die Meßklinken geschaltet, die dazu dienen, beim Laden die Spannung der Sammler zu prüfen. Der hierzu erforderliche Spannungsmesser hat je einen besonderen roten Meßstöpsel für 10- und 5-zellige Gruppen. Der Ladestrom wird entweder unmittelbar dem Netz entnommen oder man verwendet Umformer, deren Spannung und Stromstärke den Erfordernissen des Amtes angepaßt sind.

Weiter ist eine größere Zahl von Betriebsklinken vorgesehen, zu denen wieder dieselbe Anzahl Meßklinken parallel geschaltet ist.

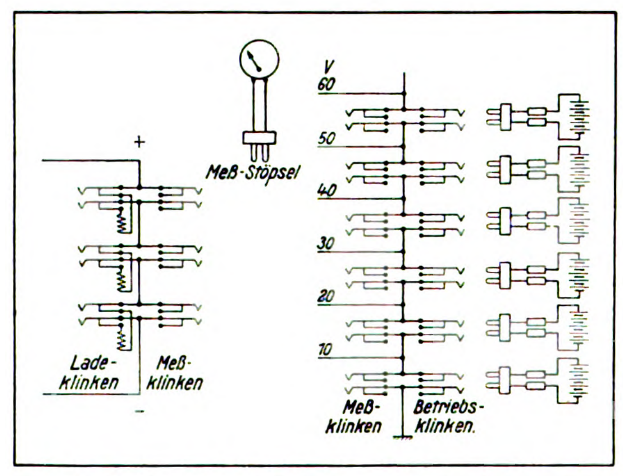


Bild 5. Prinzip-Stromlauf (neuere Ausführung).

Die Zahl der Sammlergruppen muß so bemessen sein, daß ein gewisser Vorrat an Aushilfsbatterien zur Verfügung steht, um bei vorzeitigem Verbrauch einer Betriebsgruppe Ersatz zu haben. Die Ersatzbatterie wird bei Bedarf mit der eigentlich Meßzwecken dienenden Parallelklinke angeschaltet und alsdann erst die entladene Gruppe entfernt, so daß der Austausch der Batterien ohne Stromunterbrechung vor sich geht, was für die Betriebssicherheit Bedingung ist.

Die Stromabnahme für die im Amte arbeitenden Morse- und Klopferapparate, Polwechsler usw. erfolgt über Sicherungen und Ausgleichwiderstände von den Betriebsklinken aus.

Erwähnt sei noch, daß es bei größeren Anlagen dieser Art nicht immer angängig ist, die sämtlichen Sammlergruppen an Stöpsel zu legen, da die Schalttafel dann durch die vielen Schnüre unübersichtlich wird. Man hat in diesem Falle, wie z. B. beim alten Haupttelegraphenamt Berlin, die Gruppen an Hebelumschalter gelegt und nur für die Aushilfsgruppen Schnurstöpsel vorgesehen.

Mit den vorstehend beschriebenen Lade- und Schalteinrichtungen ist vom Jahre 1903 bis heute seitens der Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk, eine große Anzahl von Telegraphenämtern der Reichstelegraphenverwaltung ausgerüstet worden, die je nach der vorhandenen Stromquelle unmittelbar an das Gleichstromnetz oder an Umformersätze angeschlossen sind.

Für die Telegraphie bei der Reichsbahn kommen ähnliche Einrichtungen wie bei den vorstehend beschriebenen Anlagen in Betracht. Die Eisenbahn benötigt für ihren Betrieb eine große Zahl von Morseleitungen, und sie werden bei der Reichsbahn sämtlich nur mit deutschem Ruhestrom betrieben.

Das Haupttelegraphenamt für die Morse-Fernlinien der Reichsbahn ist im Schlesischen Bahnhof in Berlin eingerichtet. Dort enden die Morse-Leitungen an einem Morse-Umschalter zwecks Empfang und Weitergabe der Diensttelegramme. Für diese Leitungen, deren jede entweder an einen + Pol oder an einen — Pol angeschlossen werden muß, sind zwei Linienbatterien vorgesehen, von denen die eine mit dem + Pol und die andere mit dem — Pol geerdet ist. Die Spannungen für die Morse-Leitungen werden von diesen Batterien abgenommen; sie betragen je nach der Länge der Leitung und der Batterieverteilung auf der Gesamtstrecke 8 bis 36 V bei einem Strom von 0,015 A für jede Leitung.

Die Linienbatterien bestehen aus Zellen von 36 Ah Kapazität, die mit einer Schalttafel mit Klinken und Stöpseln verbunden sind (Bild 6). Je zwei Zellen der genannten Batterie sind an Doppelstöpsel geführt, und durch entsprechende Gruppierung der Betriebsklinken ist ein Wechsel der Zellen in weitem Umfang ermöglicht, so daß auch hier die Zellen für die höheren und niedrigeren Spannungen ziemlich gleichmäßig beansprucht werden können. Im übrigen enthält die Schalttafel noch die für die Ladung erforderlichen Schalter, Regelwiderstände, Meßgeräte usw.

Als Ortsbatterien für die Morse-Apparate sind vier Zellen gleicher Größe von je 36 Ah zu 4 × 1 Zelle parallel geschaltet; eine gleiche Batterie dient als Ersatz. Geladen werden diese Zellen in Reihe mit den Linienbatterien unmittelbar vom Netz oder vom Umformer aus.

Eine Teilansicht des Sammlerraumes gibt Bild 7.

Zur Kontrolle sind die Leitungen gruppenweise an Feinsicherungen (Abschmelzröllchen) mit Alarmkontakt geführt. Schmilzt bei eintretendem Kurzschluß gegen Erde eine Sicherung durch, so wird ein Kontakt geschlossen, und ein Wecker meldet die eingetretene Störung. Der Sicherungsschrank ist im Bild 8 dargestellt; er dient gleichzeitig als Leitungsverteiler.

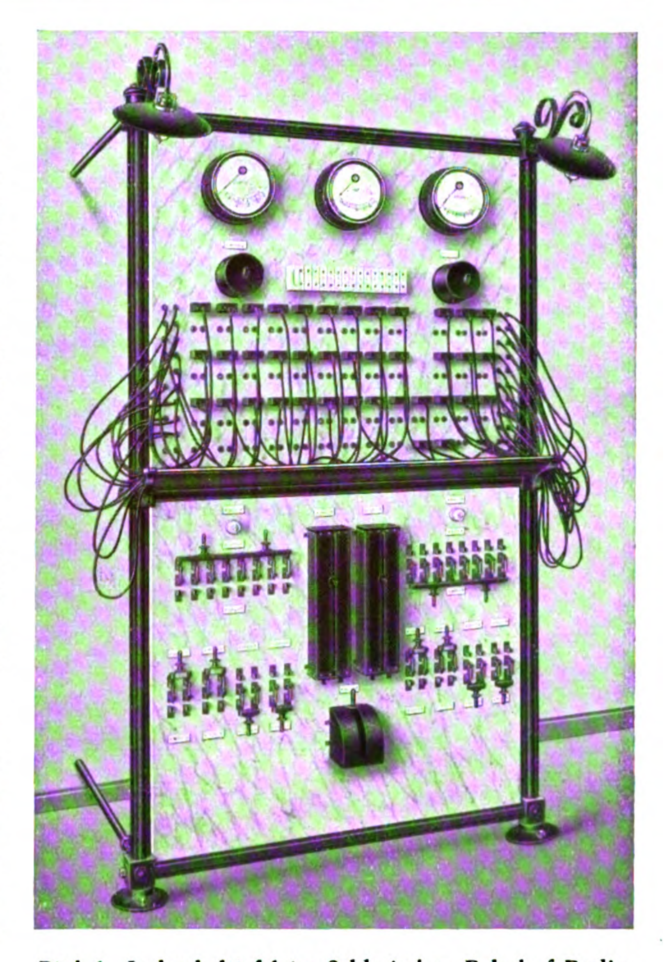


Bild 6. Ladeschalttafel im Schlesischen Bahnhof Berlin.

Die neben den Sicherungen sichtbaren Vorwiderstände dienen zum Abgleichen der Spannungen der einzelnen Leitungen, da die Sammlerzellen immer nur gerade Voltzahlen ergeben.

Solange es sich um Endleitungen handelt und geerdete Batterien, wie in vorstehendem Beispiel, angewendet werden können, ist die Speisung einer großen Anzahl von Leitungen verhältnismäßig einfach. Bei durchgehenden Ruhestromleitungen dagegen muß jede Leitung eine eigene Batterie erhalten. In diesem Falle hat man zweckmäßigerweise vierpolige Umschalter angewandt, an welche die Betriebs- und die Ersatzbatterie angeschlossen sind, so daß zum Umschalten der Batterie auf Stromabgabe oder Ladung nur das Umlegen des Schalters nötig ist. Die Schalter sind so gebaut, daß bei Umschaltung von Batterie I auf II und umgekehrt eine Stromunterbrechung vermieden wird;

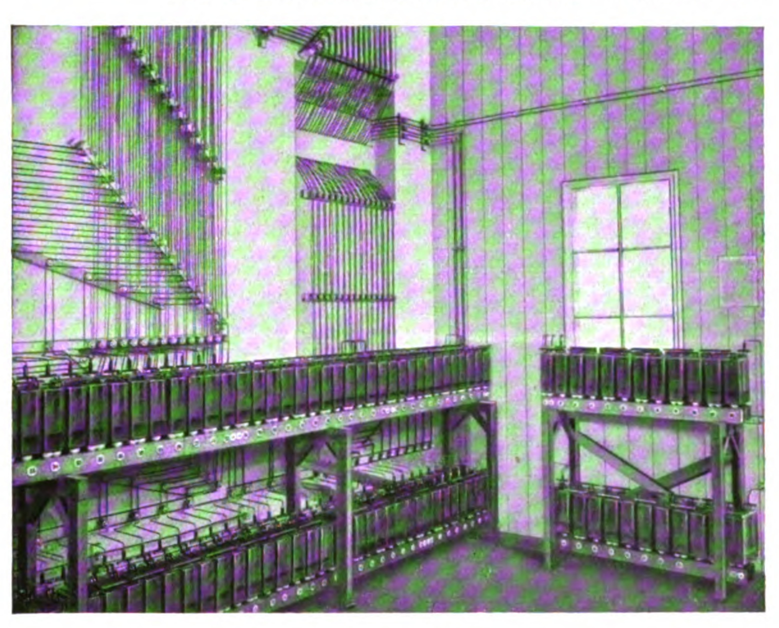


Bild 7. Sammlerraum im Schlesischen Bahnhof, Berlin.

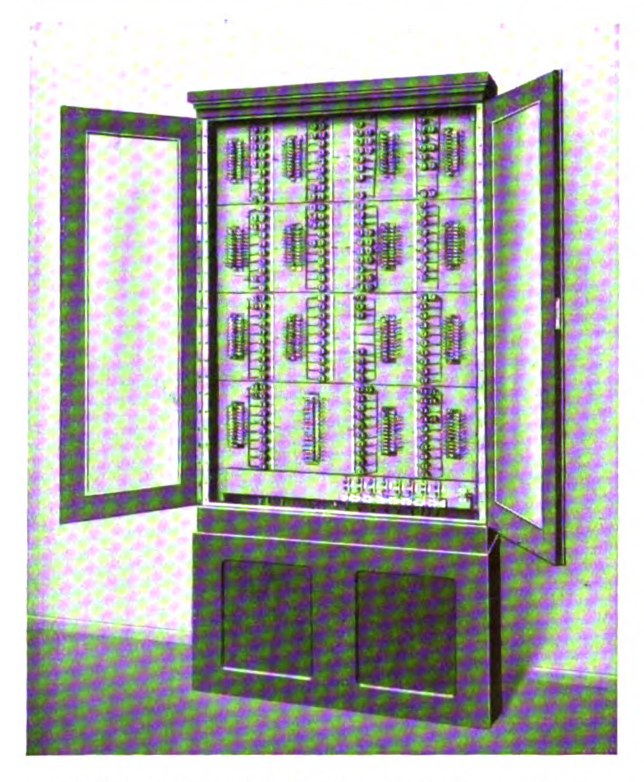


Bild 8. Sicherungsschrank und Leitungsverteiler.

in der Morse-Leitung kann sich deshalb keine Stromunterbrechung störend bemerkbar machen.

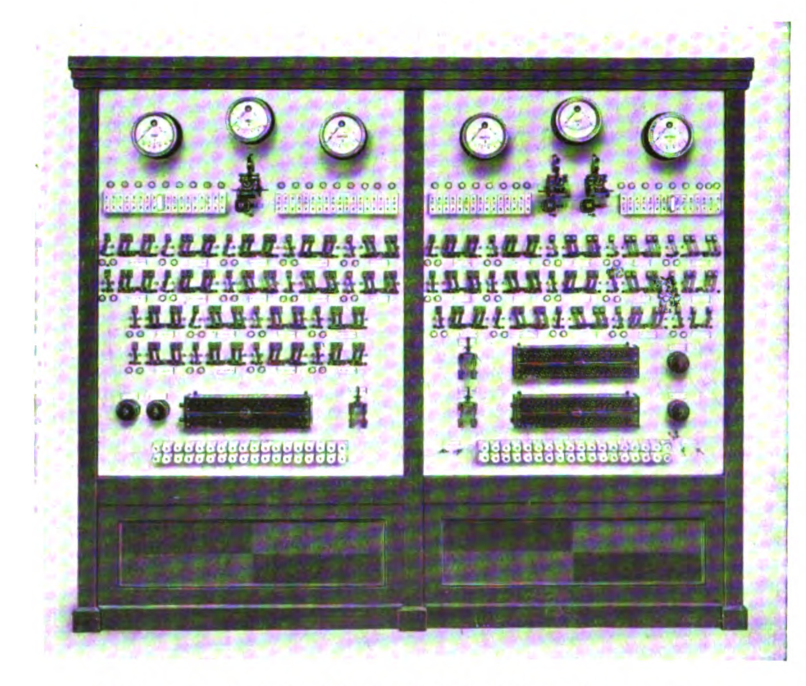


Bild 9. Ladeschalttafeln für Bahnhof Wittenberge a./Elbe.

Bild 9 zeigt eine Schalttafel dieser Bauart, wie sie von S. & H. im Auftrage der Reichsbahndirektion Altona für Bahnhof Wittenberge ausgeführt worden ist.

Bei umfangreichen Sammleranlagen, die auch entsprechend der Zahl der vorhandenen durchgehenden Ruhestromleitungen aus einer größeren Anzahl von Einzelbatterien bestehen, wie z. B. für den Hauptbahnhof in Magdeburg, hat man mit Rücksicht auf den Raum, den die Umschalter erfordern, an deren Stelle Klinken und Schaltstöpsel ohne Schnüre mit Erfolg verwendet. Für jede Batterie ist je eine Betriebs- und Ladeklinke vorgesehen und weitere 2 Klinken für die Ersatzbatterie, so daß für die Stromversorgung einer Leitung im ganzen 4 Klinken und 2 Stöpsel nötig sind. In Bild 10 ist die Schalttafel dargestellt. Feld I der Tafel ist für die Lade-Umformer I und II sowie ein Benzinaggregat als Reserve bestimmt; die Umformer dienen zum Laden der Batterie der automatischen Fernsprechanlage, und ihr Strom wird für die Telegraphensammler usw. (Felder II und III) mitbenutzt.

Die Felder II und III sind für den Telegraphenbetrieb eingerichtet und haben eine entsprechende Anzahl von Ladestromkreisen, welche die vorher erwähnten Klinken enthalten. Die Ladespannung beträgt 60/83 V bei 3,5 oder 7 A Stromstärke, so daß in jedem Ladekreise 30 Zellen von je etwa 15 Ah Kapazität hintereinander geladen werden können. Für die Orts-, Hughes-, Ferndrucker-, Klingelbatterien usw. sind Kurbelschalter in besonderem Ladekreis für 7 A vorgesehen, da hierfür größere Batterien und stärkere Ladeströme notwendig sind. Die Spannung der Batterien wird mit Hilfe von Meßumschaltern gemessen, von denen drei in jedem Feld unter dem zugehörigen Spannungsmesser angebracht sind. Außerdem trägt jedes der beiden Felder die erforderlichen Meßgeräte und Schalter sowie 2 Regelwiderstände unterhalb der Marmortafel, um die Ladestromstärke zu regeln.

Das vorstehend Gesagte soll einen kurzen Überblick über die Entwicklung und den Bau der Sammleranlagen in Telegraphenämtern geben. Es darf jedoch nicht unerwähnt bleiben, daß in den letzten Jahren die Bestrebungen, die Sammler

in großen Ämtern durch kleine Dynamomaschinen oder Motorgeneratoren zu ersetzen, guten Erfolg gehabt haben. Im neuen Haupttelegraphenamt in Berlin z. B. arbeiten nur noch derartige Maschinen für die Stromversorgung der Telegraphenleitungen; sie sind, zu 4 durch einen Motor angetrieben, auf gemeinsamer Grundplatte aufgestellt. Jede dieser 4 Maschinen hat 2 Kollektoren zur Abgabe von Gleichstrom in Dreileiterschaltung mit 0 an Erde, also z. B.

Generator 1 = + 20 und − 20 V und 0 an E,

Generator 2 = + 40 und − 40, 0 an E usw. Die sämtlichen + Leitungen sowie die − Leitungen werden an Sammelschienen geführt, wo dann die für die Telegraphie benötigten Spannungen abgenommen werden können.

Diese kleinen Generatoren, häufig Telegraphiermaschinen genannt, sind in Gemeinschaft mit den Siemens-Schuckertwerken derart vervollkommnet und leistungsfähig, daß sich der Betrieb mit ihnen glatt abwickelt. Als Ersatz bei Störungen im Netz dient eine Sammlerbatterie zum Antrieb der Motoren. Bei länger dauernden Störungen wird als Ersatzstromquelle ein Dieselmotor, mit Generator gekuppelt, in Betrieb genommen. Bild 11 zeigt eine Telegraphiermaschine, der Spannungen von 20 bis 120 V bei etwa 0,3 bis 0,5 A entnommen werden können. Bei höheren Telegraphierspannungen wird ein zweiter Satz der sogenannten Telegraphiermaschinen erforderlich, dessen Einzelmaschinen für höhere Spannungen bemessen sind.

Auch für das Ausland sind wiederholt derartige Maschinensätze geliefert worden und dort mit gutem Erfolg in Benutzung.

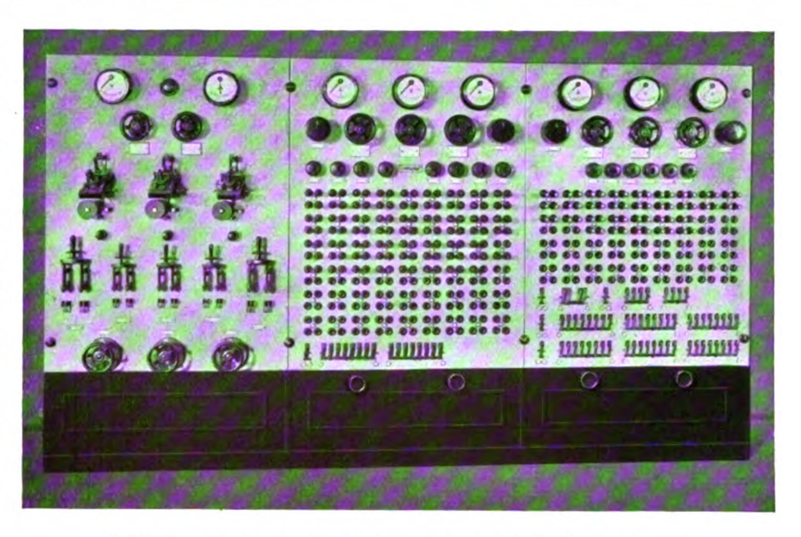


Bild 10. Ladeschalttafel für Hauptbahnhof Magdeburg.

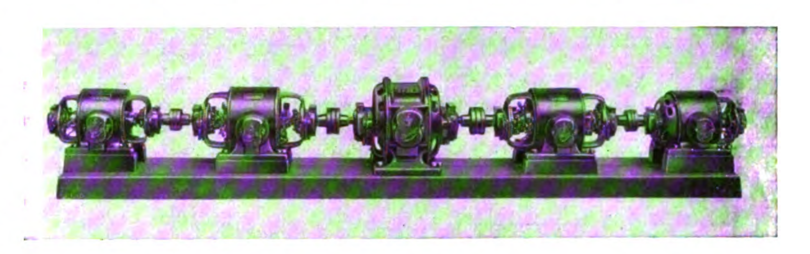


Bild 11. Generatoren für Telegraphenströme.

Vorbeugender Schutz durch den Löschtransformator gegen Betriebsunterbrechungen

Von Richard Bauch.

Die bekanntesten Fehlerarten, die zu Betriebsstörungen führen, sind Erdschluß und Kurzschluß. Ein Zwischenglied zwischen beiden ist der Gesellschaftsschluß, der dann entsteht, wenn zwei Pole eines Drehstromsystems gleichzeitig Verbindung mit Erde erhalten. Da sehr häufig sich der Kurzschluß und der Gesellschaftsschluß erst aus einem Erdschluß entwickeln, muß die Hauptfürsorge zur Aufrechterhaltung des Betriebes im Falle eines Isolationsfehlers sich der Bekämpfung des Erdschlusses zuwenden. Für die Auswahl der Mittel zur Bekämpfung eines Fehlers und zum Verständnis ihrer Wirkungsweise ist die Kenntnis der Vorgänge bei dem betreffenden Fehler notwendig, im vorliegenden Fall bei Erdschluß. Eine eingehende Schilderung der Spannungs- und Stromverhältnisse bei Erdschluß wurde früher[1]) gegeben. Im folgenden seien einige charakteristische Eigenschaften des Erdschlusses zusammengestellt und — im An-

[1]) Siemens-Zeitschrift 1921, Heft 8, S. 261 u. ff.

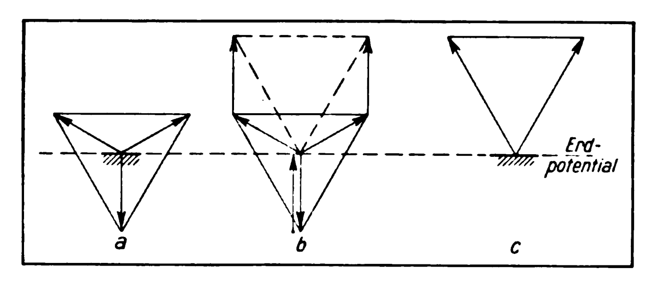


Bild 1. Verschiebung des Spannungsdreiecks durch Erdschluß.
a) Spannungsdreieck bei gesundem Netz.
b) Überlagerung einer Sternspannung (Nullpunktverschiebung).
c) Spannung der 3 Pole gegen Erde.

schluß an obengenannte Arbeit — einige physikalische Vorgänge erläutert, soweit sie zum Verständnis der Wirkungsweise eines Löschtransformators nötig sind.

Eigenschaften des Erdschlusses.

Besteht zwischen einem Pol einer Leitung und Erde eine leitende Verbindung, während die Isolation der anderen Pole tadellos ist, dann nennt man dies einen „Erdschluß". Dadurch wird die Spannung des schadhaften Pols gegen Erde gleich Null, und die gesunden Pole erhalten, wie bekannt, bei Drehstrom die volle Dreieckspannung gegen Erde. Wie in genannter Arbeit gezeigt, ist der Vorgang dann derselbe, als wenn dem ganzen Netz der negative Wert der Sternspannung des geerdeten Poles aufgedrückt würde. Bild 1a–c zeigt dies. In Bild 1a ist das Spannungsdreieck bei gesundem Netz dargestellt. Der Schwerpunkt des Netzes hat gegen Erde die Spannung Null. Die Lage des Erdpotentiales ist durch die Schraffur angedeutet. Addiert man geometrisch zu jeder Spannung den negativen Wert einer Sternspannung, dann verschiebt sich das ganze Dreieck (Bild 1b). Dadurch nehmen alle Vektoren die Lage gegen das Erdpotential an, die sie bei Erdschluß dieses Pols haben (Bild 1c). Diese übergelagerte Sternspannung erzeugt in den Teilkapazitäten der einzelnen Leiter gegen Erde je einen Ladestrom, der sich sämtlichen Betriebsströmen überlagert. Durch diese Darstellungsart sind die ganzen sonst sehr verwickelten Vorgänge sehr leicht zu überblicken. Zeichnet man sich diese überlagerten Ströme in ein Schaltbild ein (Bild 2 und 3), dann erhält man ohne große Überlegung den tatsächlichen Verlauf dieses übergelagerten Stromes in der Leitung. Man sieht aus diesen Bildern zweierlei, was für die Praxis wichtig ist: Der Erdschlußstrom hat denselben Wert, gleichgültig ob der Fehler an der Stromquelle oder am Ende der Leitung ist, und in der erdgeschlossenen Leitung selber fließt ein anderer Strom als über den Fehler. Dies ist für die Messung des Erdschlußstromes sehr wichtig.

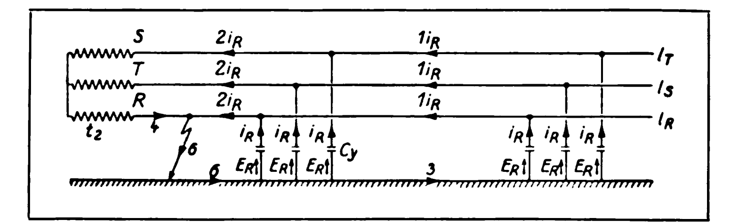


Bild 2. Verlauf des von der übergelagerten EMK verursachten Stromes[1]) bei Erdschluß.

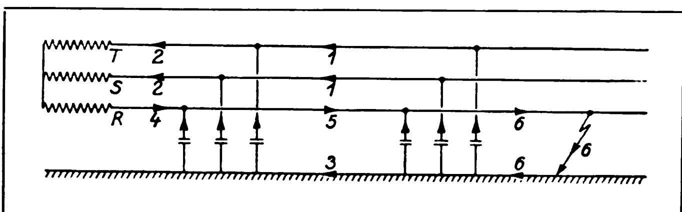


Bild 3. Verteilung des Erdschlußstromes bei Fehler am Ende der Leitung[2]).

Da der Widerstand der Leiter in den allermeisten Fällen gegenüber der kapazitiven Reaktanz sehr klein ist, wird der überlagerte Strom und mit ihm der Erdschlußstrom nur von der Kapazität des Netzes bestimmt. Der Erdschlußstrom ist also ein Ladestrom und eilt demnach der ihn erzeugenden Spannung um 90° vor. Wie aus Bild 2 und 3 hervorgeht, ist er dreimal so groß wie der aus der Teilkapazität eines Pols gegen Erde und der Sternspannung folgende. In einem Einphasennetz ist der Erdschlußstrom — da nur zwei Pole vorhanden sind — nur doppelt so groß wie der eines Poles.

Im allgemeinen ist der Erdschlußstrom kleiner als der Kurzschlußstrom der Anlage. Nur in sehr großen Freileitungsnetzen und in großen Kabelnetzen mit geringer Leistung kann er die Größe des Kurzschlußstromes erreichen. Infolgedessen kann man im

[1]) Die Zahl neben einem Strompfeil gibt an, wieviel Strom relativ an der betreffenden Stelle fließt.

[2]) Siehe Anmerkung zu Bild 2.

allgemeinen nicht erwarten, daß Erdschluß die Überstromauslöser zum Ansprechen bringt. Wenn dies doch (außer bei sehr schwach belasteten Leitungen) der Fall ist, ist es ein Zeichen dafür, daß sich der Erdschluß zu einem Gesellschaftsschluß ausgewachsen hat.

In Freileitungsnetzen ist der Ort des Erdschlusses meist das Netz oder die Einführung in eine Station. Seltener tritt er in den Stationen selber auf. In Kabelnetzen, die mehrere Jahre bereits liegen, und die die Kinderkrankheiten überstanden haben, sind Erdschlüsse außer in den Muffen am häufigsten in den Stationen.

In Freileitungsnetzen werden Erdschlüsse durch folgende Ursachen eingeleitet: Überspannungen atmosphärischen Ursprunges sowie schwere Schaltvorgänge, besonders solche, die eine Unsymmetrie der Spannungen gegen Erde veranlassen. Des weiteren können Fremdkörper eine leitende Verbindung zwischen Leiter und Masttraverse herstellen, z. B. Vögel usw. (Bild 4). Der auf der Traverse sitzende Vogel pickt den Draht an, stürzt vom Strom getroffen herunter und zieht dadurch den Lichtbogen in die Länge.

Dieser Vorgang wurde dadurch nachgeahmt, daß man nur einen kurzen angefeuchteten Faden benutzte, der eine Kette trägt, deren anderes Ende an der geerdeten Isolatorenstütze befestigt ist. Der Faden selber hatte bei den Versuchen mit 15 000 V eine Länge von 12 bis 14 mm.

Ebenso gefährlich können Baumzweige werden, die bei Sturm einen Leiter berühren (Bild 5). Eine bekannte Ursache sind auch die Alterungen der Isolatoren, die Haarrisse zur Folge haben. Der durch den Haarriß an sich fließende Strom stellt zwar noch keine unmittelbare Gefahr dar. Aber er zerstört den Isolator weiter, bis ein nennenswerter Strom über die Fehlerstelle fließen kann. Gerade dieser Übergang ist sehr gefährlich, weil er häufig in Gestalt des intermittierenden Erdschlusses erfolgt (siehe weiter unten). Schließlich folgt ein dauernder Erdschlußstrom, der den Isolator zertrümmert und dann als Lichtbogen weiterbrennt. Seltener sind Drahtbrüche aus mechanischer Ursache die Einleitung eines Erdschlusses; derartige Brüche sind meist erst die Folge eines Erdschlußlichtbogens. In Kabelnetzen werden Erdschlüsse häufig durch zu starkes Biegen des Kabels über einen Radius kleiner, als der Radius der Kabeltrommel verursacht. Die Faser des Isolierstoffes wird mechanisch gezerrt und dadurch elektrisch geschwächt, bis der Durchschlag erfolgt. Der Vorgang ist hierbei ähnlich wie beim Haarriß eines Isolators, nur geht alles viel schneller vor sich. Auch Eindringen von Feuchtigkeit in nicht ganz dichte Muffen kommt in Frage. Ebenso sind Pickenhiebe bei unaufmerksam ausgeführten

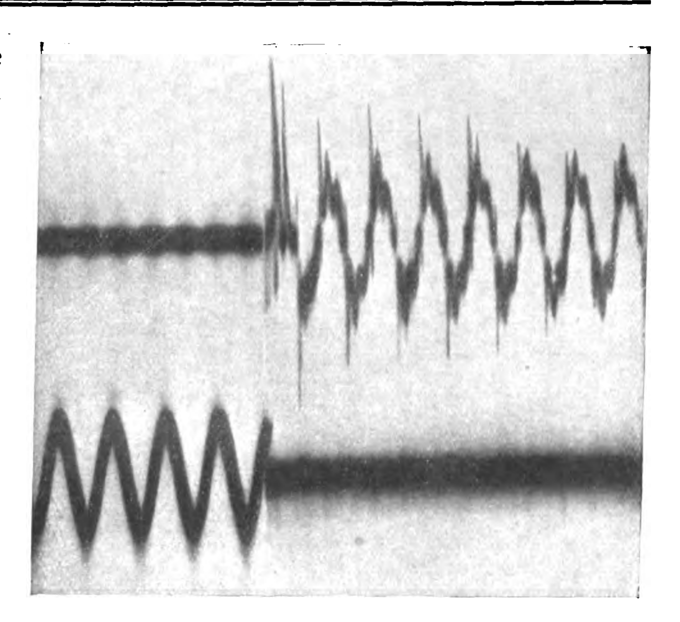


Bild 4. Oszillogramm eines Erdschlusses, der durch das Picken eines Vogels an die Leitung eingeleitet wird.
Obere Kurve Erdschlußstrom, untere Kurve Spannung nach Erde des defekten Poles vor und während des Erdschlusses.

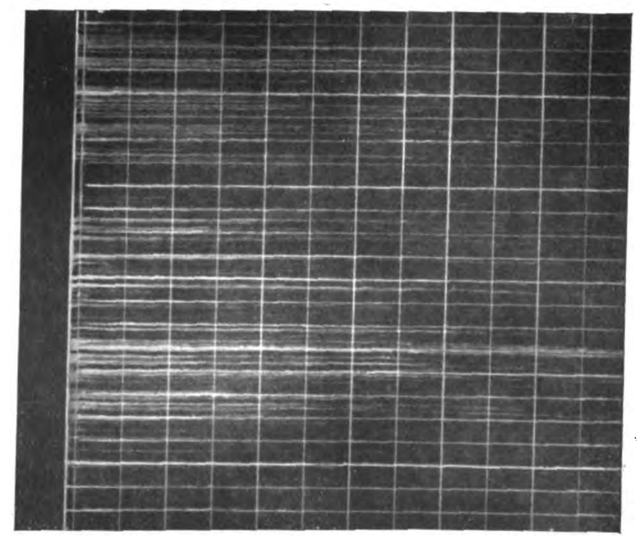


Bild 5. Sehr zahlreiche, in kurzen Zeitabständen aufeinanderfolgende Erdschlüsse bei einem Sturm.
Aufgezeichnet durch ein Registrierinstrument.



Bild 6. Entwicklung des Erdschlußlichtbogens durch den „pickenden Vogel". Netzspannung 15 kV, Erdschlußstrom 11 A.
Momentaufnahme während des Kettenfalles.

Straßenarbeiten zu fürchten, obwohl diese häufig unmittelbare Kurzschlüsse veranlassen. Schließlich können auch Überspannungen einem Kabelnetz in derselben Weise gefährlich werden wie einem Freileitungsnetz.

Es sind drei Hauptarten von Erdschlüssen zu unterscheiden: Mechanischer Erdschluß, Lichtbogenerdschluß und intermittierender Erdschluß. Mechanischer Erdschluß wird durch mechanische Berührung eines Leiters und eines geerdeten Körpers veranlaßt. Er kann dauernd sein, z. B. wenn infolge Zertrümmerung eines Isolators der Draht auf der Traverse aufliegt, oder aussetzend, z. B. wenn ihn ein vom Sturm bewegter Ast verursachte (Bild 5). (Über den Unterschied zwischen aussetzendem und intermittierendem Erdschluß siehe weiter unten.) Wird der

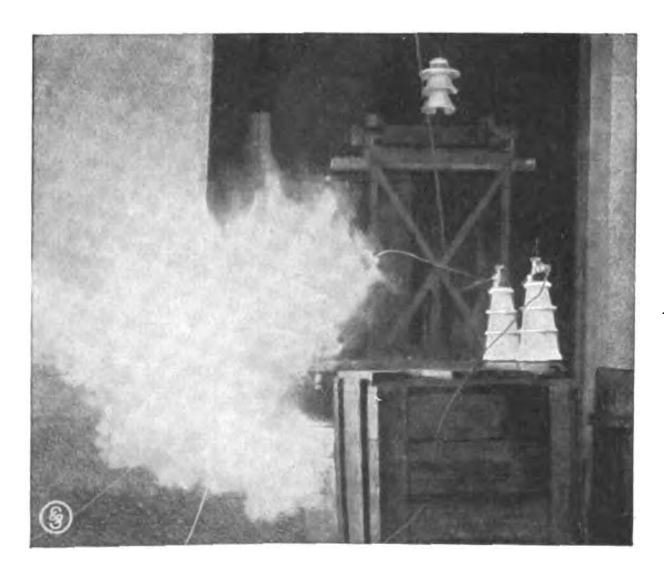


Bild 7. Lichtbogen von 55 A Erdschlußstrom in einem 55 kV-Netz.

Lichtbogen durch einen Überschlag eingeleitet, dann treten ungefähr folgende Erscheinungen auf: Durch eine Überspannungswelle wird ein Funken

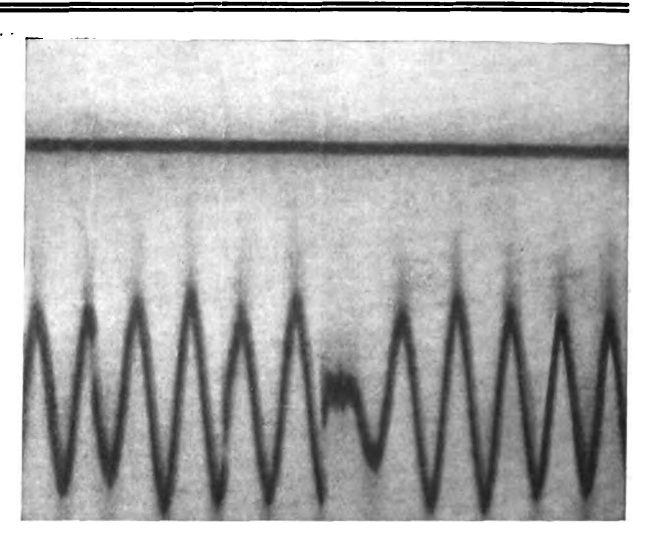


Bild 8. Oszillogramm eines intermittierenden Erdschlusses durch punktierten Isolator. Netzspannung 15 kV.
Untere Kurve Spannung des defekten Poles nach Erde, obere Kurve Strom in dem Funken.

zwischen dem Leitungsdraht und der Isolatorenstütze eingeleitet. Ist die Wanderwellenleitung und die in ihr aufgespeicherte Arbeit groß genug, dann erwärmt sie die beiden Fußpunkte des Funkens stark genug, so daß ein Strom mit der Betriebsfrequenz folgen kann. Ist also die hinter dem Funken stehende Energie oder die mitgeführte Arbeit nur klein, dann hat es bei dem Funken sein Bewenden, und ein Überschlag kommt gar nicht erst zustande. Der Lichtbogenerdschluß brennt fast ausnahmslos zwischen einem Leiter und der Isolatorenstütze oder Leiter und Befestigungsfläche einer Wanddurchführung bzw. eines Stützers. Je nach der erzeugenden Spannung und dem Erdschlußstrom hat er verschiedene Abmessungen. Bild 6 zeigt einen Lichtbogen von 11 A eines 15 kV-Netzes und Bild 7 einen solchen in einem 55 kV-Netz bei 55 A Erdschlußstrom. Der intermittierende Erdschluß ist ein Zwischenglied zwischen einem einfachen Überschlag ohne Nachfolgen eines Stromes der Betriebsfrequenz und einem Lichtbogenerdschluß. Er erfordert zwei Bedingungen: Die Überschlagsstrecke muß so beschaffen sein, daß sie von höchstens dem doppelten Maximum der Sternspannung gegen Erde durchschlagen werden kann, und die Abkühlungsverhältnisse der Fußpunkte des Überschlagsfunkens (die Elektroden) müssen derart sein, daß nicht genügend Metall usw. von dem ersten kurzzeitigen Funken verdampft werden kann, um einen Lichtbogen mit der Betriebs-

frequenz bei einem kleinen Bruchteil der Sternspannung aufrecht zu erhalten. Das Oszillogramm eines intermittierenden Erdschlusses zeigt Bild 8 und eine schematische Darstellung der Spannung Bild 9. Der Vorgang ist kurz folgender: Durch den Überschlag bricht die Spannung des übergeschlagenen Pols nach Erde auf Null zusammen. Sofort wird die leitende Brücke zwischen dem Leiter und Erde wieder abgerissen, da die Erwärmung der Funkenstrecke nicht ausreicht, um einen Lichtbogen mit z. B. 5 v. H. der Sternspannung aufrecht zu erhalten. Nach dem Abreißen durch den Überschlag ist zwar das ganze Spannungsdreieck ähnlich Bild 1c verschoben. Während aber bei dauerndem Erdschluß die Verschiebung (Bild 1b) durch einen mit der Betriebsfrequenz rotierenden Vektor veranlaßt wird, kann jetzt die Verschiebung infolge Abreißens der leitenden Brücke nach Erde sich nicht wie jener Vektor ändern, so daß eine Gleichspannung auf der Leitung verbleibt. Sie hat z. B. die Größe der Sternspannung im Moment des Überschlagens. Durch diese Gleichspannung, die ebenso wie der Vektor in Bild 1b allen drei Polen aufgedrückt ist, wird also gewissermaßen die Nullinie der — die drei Sternspannungen darstellenden — Sinuskurven verschoben. In Bild 9 deutet die gestrichelte Linie diese Verschiebung an. Um diese verschobene Nullinie schwingen nun die Sternspannungen gegen Erde im Takte der Frequenz weiter, bis wieder der beschädigte Pol eine zum Überschlag ausreichende Spannung angenommen hat, die allerdings jetzt entgegengesetztes Vorzeichen hat wie vorher. Das Spiel beginnt nun von neuem mit dem anderen Vorzeichen. Es schlägt also bei der angenommenen Spannung je Wechsel einmal über, wobei sprungweise die Spannungen aller drei Pole gegen Erde geändert werden. Jeder einzelne Überschlag erzeugt in der Funkenstrecke und an den Elektroden Wärme, die allein nicht auszureichen braucht, um einen Lichtbogen einzuleiten. Aber die immer wiederkehrenden Schläge können schließlich die thermischen Verhältnisse derart verbessern, daß auch eine geringere Spannung ausreicht, um die schwache Stelle zu überschlagen. Dann fallen die Schläge dichter. Reicht z. B. das einfache Maximum der Sternspannung aus, dann schlägt es je Wechsel zweimal über. Man kann die Überschlagsspannung gewissermaßen „hören". Der intermittierende Erdschluß gibt nämlich ein dem Maschinengewehrfeuer ähnliches, scharfes Knattern, wobei jedem einzelnen Überschlag natürlich ein Knall entspricht. Je weiter die Funkenstrecke erwärmt wird, um so geringer ist die erforderliche Spannung und um so dichter fallen die Schläge, bis schließlich aus den einzelnen Funken ein dauernder Lichtbogen wird. Da die Abkühlungsverhältnisse ausschlaggebend sind, kann dieser Übergang von der einen zur andern Erdschlußart sehr lange dauern. In den Stationen kann man den intermittierenden Erdschluß aus den Angaben der Erdschlußvolt-

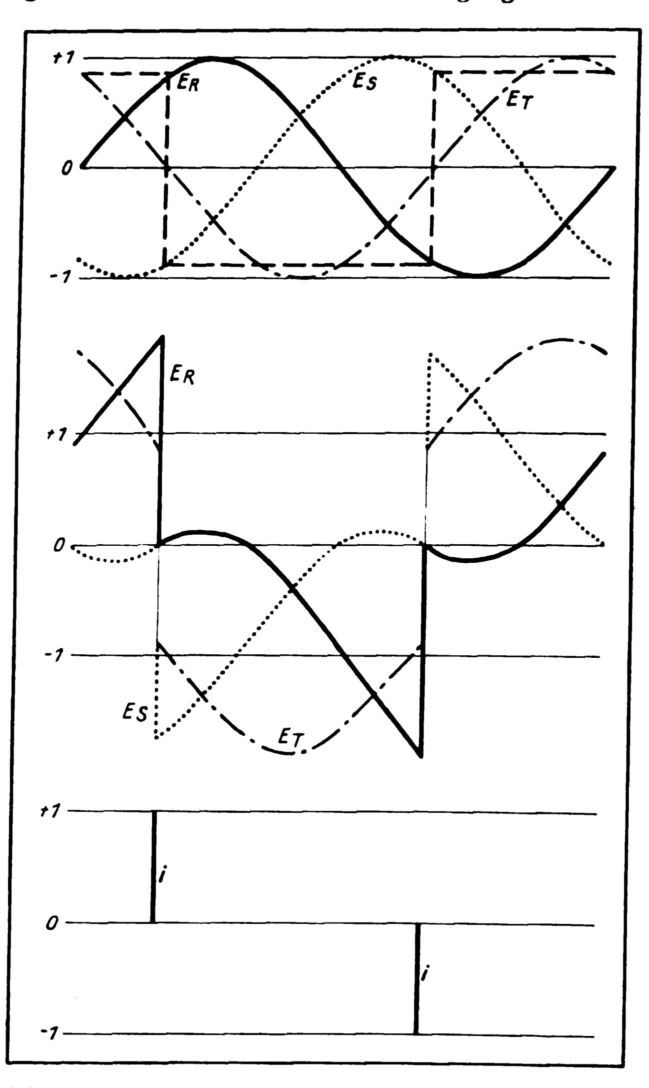


Bild 9. Schematische Darstellung der beim intermittierenden Erdschluß auftretenden Spannungsverlagerung.

Obere Kurve Spannungen der 3 Pole im gesunden Netzzustand und der rechteckigen übergelagerten Spannungskurve; mittlere Kurven sprungförmiges Verlagern der 3 Spannungen gegen Erde: ——— des defekten Poles, ·········· / —·—·—· } der gesunden Pole.

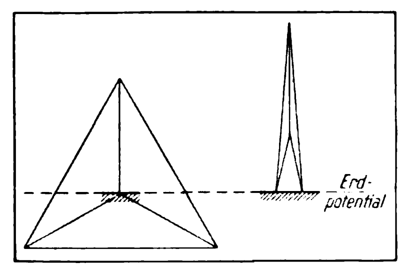


Bild 10. Veränderung des Spannungsdiagramms bei Gesellschaftsschluß. Links im gesunden Zustand, rechts bei Gesellschaftsschluß.

meter gelegentlich daran erkennen, daß keines der drei Erdschlußvoltmeter ganz auf Null zurückgeht, während gleichzeitig die beiden anderen eine Spannung nach Erde anzeigen, die etwas höher als die Dreiecks-(Netz-) Spannung ist. Das trifft aber nur in seltenen Fällen zu, so daß man einen mit nicht sehr hoher Überschlagspannung arbeitenden intermittierenden Erdschluß nicht von einem dauernden unterscheiden kann. Die große Gefahr, die der intermittierende Erdschluß für die Anlage bedeutet, besteht weniger in hohen Reflexspannungen oder dergl., als vielmehr in der Plötzlichkeit und Häufigkeit der Vorgänge. Jeder einzelne Überschlag sendet nämlich eine Wanderwelle über das ganze Netz und seine Apparate. Der Strom im Funken ist auch nicht etwa der Ladestrom usw., sondern die Summe der Wellenströme von allen in den Fehlerort unmittelbar einmündenden Leitungen, also mindestens gleich dem doppelten Wellenstrom. Ein Zahlenbeispiel möge die Gefährlichkeit erläutern: In einem 20 kV-Netz entstehe ein intermittierender Erdschluß mit der doppelten Sternspannung, also mit 2·11550 V. Der Wellenwiderstand der Freileitung sei rund 460 Ohm, und der Schaden bestehe nur eine Minute, bis er bemerkt wird. Dann sind in dieser kurzen Zeit 6000 Wanderwellen von 23000 V Spannung gegen Erde und 50 A Wellenstrom in dem betroffenen Leiter (100 A im Funken) über das Netz geflossen. Das ist eine böse Beanspruchung. Etwas weniger stark werden die gesunden Leiter beansprucht, aber auch für sie besteht die Gefahr

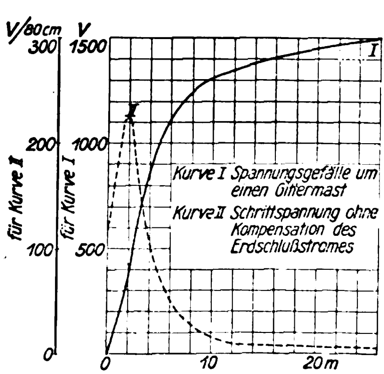


Bild 11. Verlauf des Spannungsgefälles um einen Gittermast mit Schwellenfuß einer 110 kV-Strecke bei 300 A Erdschlußstrom.

der Überbeanspruchung ihrer Isolation. Demgegenüber ist der aussetzende Erdschluß (Bild 5) geradezu harmlos zu nennen; denn er besteht ja nur aus einer Reihenfolge zündender und abreißender Lichtbogen. Der Vergleich von Bild 5 und 8 gibt wohl den besten Maßstab für die Gefahr.

Obwohl es nicht der Zweck dieser Abhandlung ist, die Theorie der Erdschlußarten zu entwickeln, mußte doch über den intermittierenden Erdschluß ausführlicher gesprochen werden, weil über ihn wenig bekannt ist, dafür aber um so mehr irrige Ansichten verbreitet sind.

Der Vollständigkeit halber sei noch der Gesellschaftsschluß erwähnt, in den häufig der Erdschluß ausartet, wenn er nicht schnell genug beseitigt wird. Er entsteht durch Überschlagen zweier Pole nach Erde. Das kann sowohl an demselben Mast durch Hin- und Herwehen eines Erdschlußlichtbogens als auch durch Wanderwellen usw. veranlaßt werden, die ein Erdschluß auslöst. Seltener veranlassen Gewitter ein gleichzeitiges Überschlagen beider Pole. Durch den Gesellschaftsschluß wird ebenso wie durch den Erdschluß der Nullpunkt des ganzen Systems verschoben, aber nicht um die volle Sternspannung, sondern nur um ihren halben Wert (Bild 10). Die zwischen den beiden schadhaften Polen liegende Spannung bricht meist nicht vollständig zusammen wie bei einem regelrechten Kurzschluß, weil die Übergangsstellen nach Erde einen erheblichen Widerstand haben. Immerhin hat der Strom durch Gesellschaftsschluß die Größenordnung eines Überstromes, so daß die Auslöser ansprechen. Die Folge kann also das Herausfallen zweier Leitungen sein, da der zweite Überschlag durchaus nicht auf derselben Strecke zu liegen braucht wie der ursprüngliche Erdschluß. Dieses Fallen zweier Schalter ist sehr störend.

Es seien noch einige unangenehme Begleiterscheinungen der betrachteten Schäden erwähnt.

Erdschluß hat gelegentlich einen Mastbrand zur Folge. Die Ursache ist der Erdschlußstrom, der das feuchte Holz derart erwärmt, daß es Feuer fängt. Dabei sind aber ganz bestimmte Bedingungen notwendig, um diese Erscheinung hervorzurufen. Ein durch lange, starke Regengüsse nasser Mast brennt ebensowenig wie ein durch lange Hitze ausgetrockneter Mast. Ist im

ersteren Fall das Holz zu naß, so ist im letzteren Fall die Stromwärme zu gering. Am günstigsten zum Zünden ist die Übergangszeit, wenn ein nasser Mast austrocknet.

Eine andere unangenehme Begleiterscheinung kann der Gesellschaftsschluß auslösen, indem seine verhältnismäßig hohe Stromstärke Eisenbahn-Signalleitungen induktiv beeinflußt, wenn sie die Erde als Rückleitung benutzen.

Erdschlüsse und Gesellschaftsschlüsse haben eine sehr bedenkliche Begleiterscheinung gemein: Der aus dem mit Erdschluß behafteten Mast in die Erde austretende Strom erzeugt im Erdreich um den Mast herum einen Spannungsabfall, der vom Mast aus allmählich abnimmt (Bild 11), und den man den „Spannungstrichter" nennt[1]. Nähert sich ein Mensch einem solchen Mast, dann überspannt er mit seinen Schritten einen Teil des Spannungsabfalles, den man die „Schrittspannung" nennt. Diese kann lebensgefährliche Werte annehmen. In der Tat sind auch schon Unfälle aus dieser Ursache Menschen und Nutztieren zugestoßen. Da beim Gesellschaftsschluß die Stromstärke im allgemeinen größer ist als bei Erdschluß, ist bei ersterem die Lebensgefahr größer, bei Erdschluß aber nicht ausgeschlossen, wenn man nicht besondere Schutzmaßnahmen ergreift.

Mittel zur Bekämpfung des Erdschlusses.

Als mit dem Wachsen der Leitungslängen die Übertragungsspannungen wuchsen, nahm auch der Erdschlußstrom eine Größe an, die die Aufmerksamkeit der Betriebsleute und Konstrukteure in höherem Maße auf ihn lenkte als früher. Man lernte eigentlich jetzt erst seine Gefahren kennen und suchte nach Mitteln, um diese Gefahren zu verringern.

In der Hauptsache gibt es zwei Mittel zur Bekämpfung dieses Schädlings: Das Erdschlußrelais und die induktiven Löscher. Ersteres hat den Zweck, eine mit Erdschluß behaftete Leitungsstrecke möglichst schnell aus dem ganzen Netz abzutrennen, ohne daß dadurch gesunde Netzteile, Unterstationen usw. spannungslos werden. Es bildet einen wichtigen Bestandteil jedes guten Selektivschutzes[2]. Die Löscher sind

[1]) Behrend, E. u. M., 1921, Heft 39.

[2]) Siehe hierüber die Arbeiten des Verfassers und von Dr. Schleicher, Siemens-Zeitschrift.

1918 aufgekommen. Zuerst trat die AEG mit der Petersenspule hervor, die ausschließlich für den Zweck konstruiert ist, den einmal entstandenen Erdschlußlichtbogen zu löschen. Ein Jahr später berichtete dann Schrottke[1]) über den sogenannten Löschtransformator des Verfassers, der aus anderen Gesichtspunkten heraus entstanden ist und demzufolge in mancher Beziehung von der Petersenspule abweicht.

Das Prinzip des Löschens besteht darin, daß man über den Erdschlußkontakt außer dem kapazitiven Erdschlußstrom noch künstlich einen induktiven Strom schickt. Da beide Ströme um 180° gegeneinander verschoben sind, ist es möglich, durch entsprechende „Abstimmung" des Löschers, d. h. indem man den induktiven Strom ebenso groß macht wie den kapazitiven Erdschlußstrom, den Strom im Lichtbogen gleich Null zu machen, so daß er abreißt. Nun haben aber nicht nur die Übergangsstellen nach Erde einen ohmischen Widerstand, der Verluste bedingt, auch der Löscher hat in sich selber Verluste, so daß selbst bei genauer Abstimmung ein unausgeglichener Wattstrom übrigbleiben würde. Dazu kommt noch, daß es praktisch nicht möglich ist, den Löscher immer ganz genau einzustellen. Man muß also einen gewissen „Reststrom", der doch noch im Lichtbogen fließt, mit in den Kauf nehmen. Die Abstimmung ist nichts anderes als eine solche Bemessung der Induktivität des Löschers gegen die Teilkapazität der Leitung gegen Erde, daß zwischen beiden Resonanz mit der Betriebsfrequenz besteht. Man unterscheidet Stromresonanz- und Spannungsresonanz-Schaltung. Letztere ist dadurch besonders unangenehm für unsere Zwecke, daß sie aus irgendeinem Grunde eine bedenklich hohe Spannung im Netz erzeugen kann. In der Tat haben auch die Untersuchungen des Verfassers[2]) und insbesondere Noethers[3]) gezeigt, daß Löscher unter Umständen durch ungewollte Resonanz gefährliche oder mindestens unangenehme Spannungen gegen Erde erzeugen können. Sie äußern sich dem Betriebspersonal dadurch, daß dem ganzen Spannungsdreieck eine zusätzliche Spannung überlagert wird, so daß also die Spannungen gegen Erde anders als normal werden.

[1]) ETZ 1919.

[2]) R. Bauch, ETZ 1921, Heft 22, 23.

[3]) Prof. Dr. Noether, ETZ 1921, Heft 51 und 1922, Heft 12.

Man nennt diese Erscheinung „Spannungsverlagerung" oder „Nullpunktsverschiebung".

Prinzip des Löschtransformators.

Unter den „Mitteln zur Bekämpfung des Erdschlusses" wurde bereits erwähnt, daß das Prinzip des Löschers auf der Erzeugung einer Resonanz beruht, die dafür sorgt, daß über die Fehlerstelle kein Strom mit der Betriebsfrequenz fließen kann. Eine solche Schaltung stellt schematisch Bild 12 dar. Hierin ist F eine Funkenstrecke, T ein unter Spannung stehender Transformator, C eine Kapazität und L eine Induktivität. Sind C und L derart gegeneinander abgestimmt, daß beide unter dem Einfluß derselben Spannung und derselben Frequenz denselben Strom aufnehmen, dann bleibt für die Funkenstrecke und die Stromquelle keine Möglichkeit mehr, ihrerseits Strom zu führen. Nach den Kirchhoffschen Regeln ist die Summe aller Ströme in einem Knotenpunkt gleich Null, also

$$i_C + i_L + i = 0.$$

Ist nun $i_C = - i_L$, dann ist $i = 0$, d. h. die Stromquelle hat nur noch die Verluste in dem Schwingungskreis aufzubringen. Hat man also vor einem solchen Schwingungskreis durch einen Kunstgriff die Funkenstrecke ansprechen lassen, dann kann kein Lichtbogen bestehen bleiben, weil er den Schwingungskreis passieren müßte, der aber durch seine Abstimmung als Frequenzfilter wirkt, d. h. dem Strom den Weg versperrt. Stelle zum Überschlag neigt. Schlägt diese Stelle über, dann ist der Weg für einen Lichtbogenstrom mit der Betriebsfrequenz nur über den Schwingungskreis geschlossen, der aber diesen Strom nicht durchläßt. Nun kann man von vornherein nicht wissen, welcher Pol überschlagen wird. Man muß also alle beide Pole bzw. bei Drehstrom alle drei Pole mit einer Induktivität ausrüsten, die entsprechend abgestimmt ist. Wir müssen uns jetzt klarmachen, was dieser zu dem Überschlag in Bild 13 parallel liegende Schwingungskreis für einen Einfluß auf den Lichtbogen ausübt. In Bild 14 ist dementsprechend der Schwingungskreis parallel zu der schwachen Stelle gelegt. Durch einen übergehenden Funken, der ebenso wie vorhin eingeleitet sein kann, entlädt sich die Kapazität C, so daß der Kreis angestoßen wird. Er kann in sich schwingen. Da aber hierbei — genaue Abstimmung vorausgesetzt — kein Strom in die anderen mit ihm verbundenen Leiter auszutreten braucht, so beeinflußt er die Funkenstrecke in keiner Weise. Mit anderen Worten: Die beiden auf die Betriebsfrequenz abgestimmten Schwingungskreise können wohl durch einen Überschlag bei F zum Schwingen gebracht werden, senden aber keinen Strom über F, ja sie verhindern sogar das Nachfolgen des Stromes mit Betriebsfrequenz. Wir können also dauernd beide Pole über geeignete Induktanzen erden, ohne daß dadurch die Wirkung beeinträchtigt wird. Da beide Kreise in gleicher Weise schwingen, können sie beide starr gekoppelt

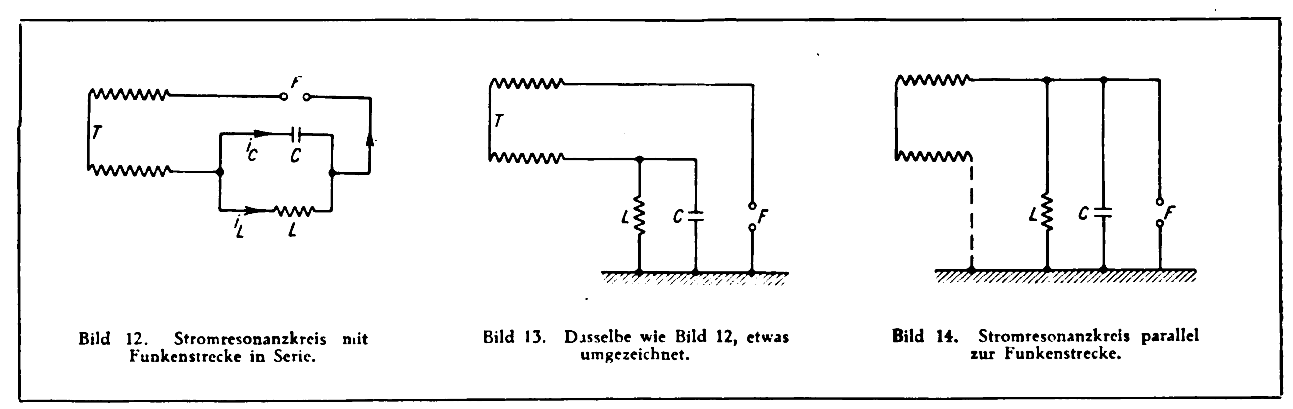


Bild 12. Stromresonanzkreis mit Funkenstrecke in Serie.

Bild 13. Dasselbe wie Bild 12, etwas umgezeichnet.

Bild 14. Stromresonanzkreis parallel zur Funkenstrecke.

Bild 12 bis 14. Schematische Entwicklung einer Pol-Erdung aus einem Stromresonanzkreis.

Zeichnen wir Bild 12 etwas um, dann erhalten wir das Bild 13, das uns an ein Einphasen-Leitungsnetz erinnert, in dem eine schwache sein. Das hat den Vorzug, daß die beiden Induktanzen nicht genau abgeglichen zu werden brauchen. Das Kopplungsmittel, das beiden

Induktanzen denselben Vorgang aufzwingt, ist eine Sekundärwicklung (Bild 15). Diese Wicklung wird so auf die beiden Kerne aufgebracht, daß die in ihren beiden Hälften unter normalen Betriebsverhältnissen induzierten elektromotorischen Kräfte sich gegenseitig aufheben, so daß in ihr kein Strom entstehen kann. Sobald aber durch Überschlag die Kreise anfangen zu schwingen, führen beide Schenkel gleichgerichtete Ströme, die in der Sekundärwicklung einen Strom erzeugen. Die gegenelektromotorische Kraft dieses Stromes zwingt die beiden Primärwicklungen, ihrerseits gleiche Ströme zu führen. Bei vollkommen kurzgeschlossenem Sekundärkreis hängt die Größe des Sekundärstromes in derselben Weise von der Streuung zwischen Primär- und Sekundärwicklung ab wie der Kurzschlußstrom eines gewöhnlichen Transformators. In der dargestellten Schaltung würden also beide Induktanzen den größtmöglichen Löschstrom abgeben. Um sie auf geringere Netzlängen einstellen zu können, schaltet man in den Sekundärkreis die sogenannte Regeldrossel, d. h. eine Induktivität mit verschiedenen Anzapfungen. Diese Drossel reduziert den Sekundärstrom und damit auch durch seine verringerte gegenelektromotorische Kraft den Primärstrom. Bild 16 zeigt diese Anordnung sowohl für den ursprünglichen einphasigen Fall als auch für Drehstrom. Wir können nämlich zu dem gesunden Pol in Bild 13 noch einen zweiten gesunden Pol in gleicher Anordnung hinzufügen, ohne daß der Vorgang beeinflußt wird, wenn dieser Pol seine eigene elektromotorische Kraft von dem Leistungstransformator bezieht. Es sind dann über die Funkenstrecke zwei Schwingungskreise geschlossen, deren jeder als Frequenzfilter gegen die Betriebsfrequenz wirkt.

Aus der bisherigen Betrachtung ersieht man, daß bei genauer Abstimmung der Löschtransformator es überhaupt nicht erst zum Überschlag kommen läßt. Den Funken, der den Überschlag einleiten will und der durch Vorgänge außerhalb des mit der Betriebsfrequenz arbeitenden Kreises veranlaßt wird, kann er zwar nicht unterdrücken, aber das, was wir Überschlag nennen — nämlich den kräftigen Vorgang mit Betriebsfrequenz —, das verhindert er im Keim.

Von Wichtigkeit ist für den praktischen Betrieb die Frage nach dem Einfluß, den die Verstimmung auf das Schonen einer schwachen Stelle hat. Am einfachsten und sichersten beantwortet diese Frage die mathematische Untersuchung, deren Ergebnis im folgenden wiedergegeben ist.

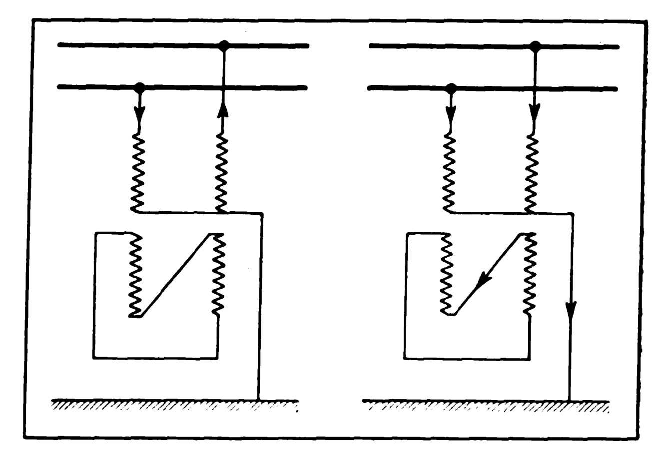


Bild 15. Stromlauf in einem zweipoligen Löschtransformator (Einphasennetz).
Links ohne Erdschluß, rechts mit Erdschluß.

Bezeichnet i den Strom, der über den Fehlerort fließt,
E_y die Sternspannung des geerdeten Poles,
R den Übergangswiderstand oder dgl. des Fehlers,
L die Induktivität des Löschaggregates,
C die Teilkapazität eines Netzpoles gegen Erde,

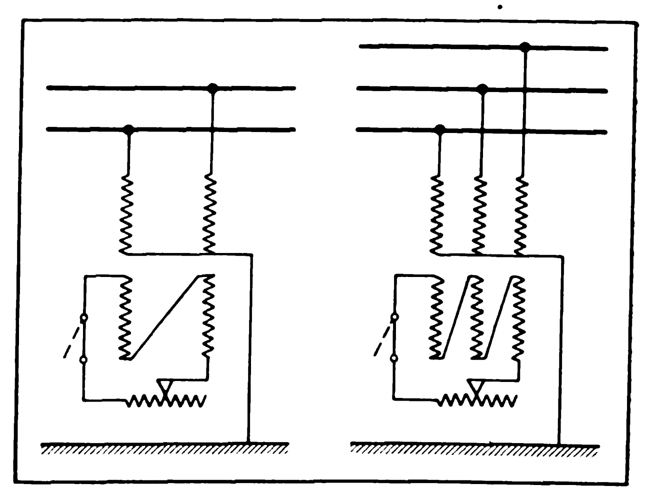


Bild 16. Löschtransformator mit Regeldrossel.
Links für Einphasennetz, rechts für Drehstromnetz.

dann ist

$$i = \frac{3\,\omega^2 CL - 1}{\sqrt{(3\,\omega^2 CL - 1)^2 R^2 + \omega^2 L^2}} \cdot E_y \, .$$

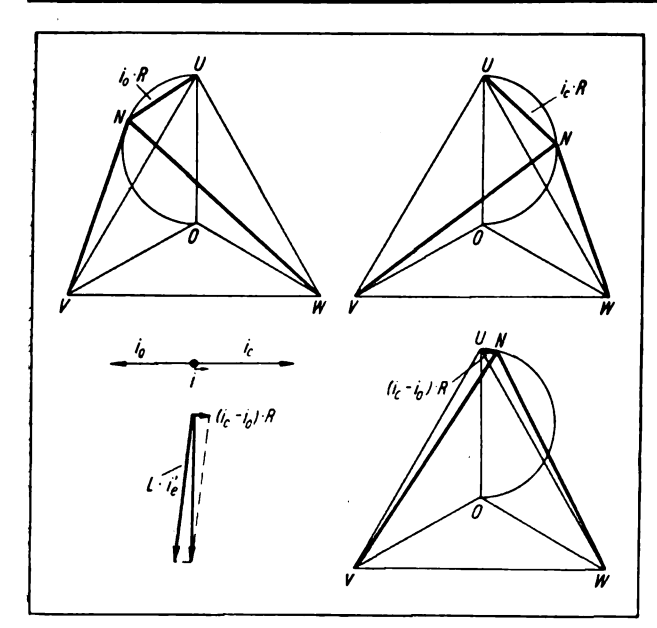


Bild 17. Nullpunktverschiebung bei Erdschluß über einen hohen Widerstand.

Links oben im Löschtransformator allein, rechts oben ohne Löschtransformator, rechts unten mit Löschtransformator, links unten teilweiser Ausgleich des Erdschlußstromes ic und des Löschtransformerstromes io zum Reststrom i. Darunter Diagramm der Nullpunktspannung im Löschtransformer.

In dieser Formel ist der Ausdruck $(1-3\,\omega^2\,C\,L)$ ein Maß für die Genauigkeit der Abstimmung, weshalb er hier **Abstimmungsfaktor** genannt wird. Ist er = 0, dann ist die Abstimmung vollkommen, d. h. dann wird auch i = 0. Wenn $3\,\omega^2 CL$ größer oder kleiner als 1 ist, fließt ein Strom über den Fehler, den man den **Reststrom** nennt. Er besteht aus einer Wattkomponente, die aus dem Übergangswiderstand folgt, und aus einer Blindkomponente, die induktiv oder kapazitiv ist, je nachdem, ob die Induktanz des Löschtransformators zu klein oder zu groß für die genaue Abstimmung ist. Da bei genauer Abstimmung i = 0 ist, ist auch der Spannungsverlust im Übergangswiderstand $i \cdot R = 0$. Mithin hat dann auch der beschädigte Pol keine Spannung gegen Erde. Der Nullpunkt des Spannungsdreiecks verschiebt sich also ebenso wie in Bild 1 bis zur Ecke des Dreiecks. Bei unvollkommener Abstimmung, **Verstimmung** genannt, verschiebt sich der Nullpunkt auf einem Halbkreis in dem Diagramm, Bild 17, der, je nachdem ob $3\,\omega^2 CL$ größer oder kleiner als 1 ist, auf der einen oder anderen Seite des Spannungsvektors des geerdeten Poles liegt.

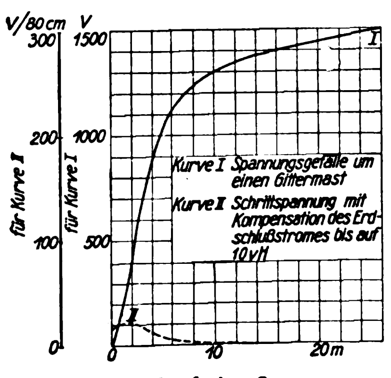


Bild 18. Verlauf des Spannungsgefälles um einen Gittermast mit Schwellenfuß einer 110 kV-Strecke bei 300 A Erdschlußstrom.

Kurve 2 zeigt die Verringerung der Schrittspannung im Vergleich zu Bild 11.

Das Wichtigste, das uns die obige Formel sagt, ist, daß der Abstimmungsfaktor die Größe des gesamten Reststromes bestimmt, d. h. daß auch die Wattkomponente in gleicher Weise reduziert wird wie der reine Erdschlußstrom.

Betrachten wir jetzt den Einfluß des Abstimmungsfaktors an einem Beispiel aus der Praxis.

Ein Freileitungsnetz habe bei 20 kV Betriebsspannung einen Erdschlußstrom von 20 A. Dann ist die Reaktanz seiner drei Teilkapazitäten gegen Erde

$$\frac{1}{\omega C} = 577 \text{ Ohm.}$$

Dieselbe Größe sollte dann auch die Induktanz haben. Aus irgendwelchen Gründen sei aber $\omega L = 606$ Ohm, also um 5 v. H. zu groß, so daß ein kapazitiver Reststrom beim Erdschlußwiderstand R = 0 über den Fehler fließen würde; nun ist aber R nie gleich Null, sondern schwankt von etwa 5 Ohm aufwärts. Nehmen wir den günstigen Wert R = 5 an, dann haben wir einen Spannungsabfall durch den reinen Erdschlußstrom von 100 V. Den Verlauf dieses Abfalles im Erdreich, den Spannungstrichter, zeigt Bild 11. Durch den Löschtransformator aber wird der Strom über den Fehler auf $^1/_{30}$ reduziert, so daß die Schrittspannung, Bild 18, auf einen ungefährlichen Wert herabgedrückt wird. Selbst bei größerer Verstimmung, z. B. 10 v. H., ist die Schrittspannung unbedenklich.

In ähnlicher Weise wird auch an einer schwachen Stelle der über sie fließende Strom reduziert. Da hier aber nicht seine eigene Größe, sondern die von ihm erzeugte Stromwärme von Bedeutung ist, so ist der Einfluß des Löschtransformators selbst bei Verstimmung größer als auf die Schrittspannung. Bei 5 v. H. Verstimmung ist die Stromwärme auf $0{,}05^2 = 0{,}0025$ reduziert. Ist also z. B. die schwache Stelle durch **Feuchtigkeitsniederschlag** auf einem Isolator entstanden, dann ist die durch den Kriechstrom erzeugte Wärme auf $^1/_{400}$ reduziert. Das hat

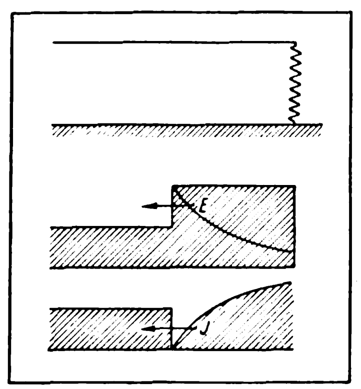


Bild 19. Reflektion einer unendlich langen Wanderwelle durch eine reine Induktivität.
Die Wellenspannung wird zuerst auf den doppelten Wert der ankommenden Welle reflektiert, E, um dann allmählich abzuklingen. Der Wellenstrom bricht beim Auftreffen der Welle auf die Induktivität zuerst auf Null zusammen, um dann auf den doppelten Wellenstrom anzusteigen, J.

zur Folge, daß die Feuchtigkeit nicht eruptiv verdampft, sondern ruhig, so daß die Gasstrecke zwischen dem unter Spannung stehenden Leiter und der geerdeten Isolatorstütze nicht merklich ionisiert ist. Es wird also nicht durch reichlichen, heißen Wasserdampf ein Überschlag eingeleitet. Das ist für Freileitungen sehr wichtig.

Um den Schutzwert eines Apparates oder seine Gefährlichkeit für die Anlage beurteilen zu können, muß man auch sein Verhalten gegen Wanderwellen, Überspannungen usw. untersuchen. Sowohl atmosphärische Vorgänge als auch Schaltvorgänge können Wanderwellen erzeugen, die man als Überspannungen bezeichnet. Zwischen den einzelnen Leitern sind Überspannungen sehr selten, weil sie bei Schaltvorgängen durch die Konstruktion der hierzu dienenden Apparate vorbeugend vermieden werden. Von atmosphärischen Erscheinungen können sie wohl überhaupt nicht erzeugt werden. Dagegen sind hohe Überspannungen gegen Erde im letzteren Falle häufig. Auch bei Schaltvorgängen bleiben Restspannungen gegen Erde gelegentlich zurück, die sich in Form von Wanderwellen gleichmäßig über alle Pole des ganzen Netzes zu verteilen suchen. Jede einzelne solche Welle ist zwar nicht unmittelbar gefährlich, aber ihr häufiges

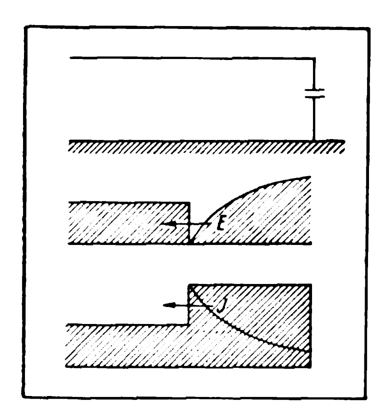


Bild 20. Reflektion einer unendlich langen Wanderwelle an einem Kondensator.
Die Spannung E bricht zuerst auf Null zusammen, um dann allmählich auf den doppelten Wert anzusteigen; der Strom J wird zuerst auf den doppelten Wert reflektiert, um dann auf Null abzuklingen.

Auftreten zermürbt schließlich schwache Stellen so, daß sie bei der Betriebsspannung durchschlagen. Während Hörner oder dergleichen atmosphärische Überspannungen unschädlich machen können, sind sie gegen Schaltwanderwellen in vielen Fällen machtlos, da deren Spannung geringer als die Überschlagspannung der Hörner ist. Wir müssen also untersuchen, ob der Löschtransformator bei unausgeglichenen Spannungen gegen Erde einen Schutz oder eine Gefahrenquelle für die Anlage darstellt.

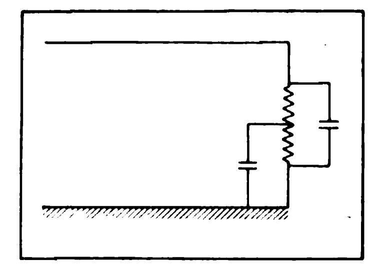


Bild 21. Schematische Darstellung der Kombination, gebildet aus Löschtransformer-Induktivität und seiner Teilkapazität von Windung zu Windung, sowie Kapazität nach Erde.

Es ist von der Theorie der Wanderwellen her bekannt, daß beim Auftreffen einer Welle auf die Klemmen einer Induktivität die Wellenspannung mit ihrem doppelten Wert zurückgeworfen wird, während der Strom auf Null zusammenbricht (Bild 19). Gerade umgekehrt ist es beim Auftreffen auf einen Kondensator. Dort bricht die Spannung zusammen, so daß durch die zurücklaufende Welle die Leitungskapazität entladen wird, während der Strom mit seinem doppelten Wert sich über die Leitung verbreitet (Bild 20). In der Praxis ist jeder Transformator und jede Drossel nicht nur mit Induktivität, sondern auch mit Kapazität, und zwar von Windung zu Windung und gegen Erde, versehen, so daß die Vorgänge eine Mischung aus den beiden soeben betrachteten sind.

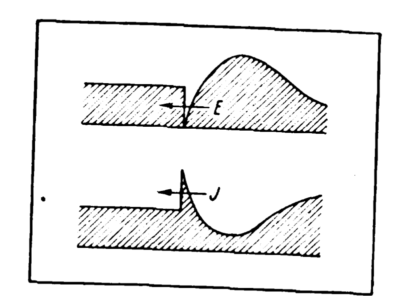


Bild 22. Reflektion einer unendlich langen Wanderwelle an einem Löschtransformator.

Bild 21 zeigt als grobes Ersatzschema einen Löschtransformator mit seiner Kapazität von Windung zu Windung und seiner Kapazität von Windung nach Erde. Der Wanderwelle bieten sich dann zwei verschiedene Wege nach Erde: Der eine geht über die Windungskapazität unmittelbar nach Erde. Der andere wird aus

der Induktivität und der Erdkapazität gebildet. Die Vorgänge beim Auftreffen der Welle und im weiteren Verlauf in diesen Wegen sind nun durch ihre gegenseitige Abhängigkeit äußerst kompliziert und erfordern sehr eingehende theoretische Betrachtungen, für die hier nicht der Ort ist. Deshalb sei hier kurz das Ergebnis der Untersuchungen mitgeteilt. Im Augenblick des Auftreffens einer unendlich langen Welle bricht die Spannung auf Null zusammen (Bild 22). Sie steigt dann langsam wieder an, ohne aber den bei reiner Reflexion auftretenden doppelten Wert zu erreichen. Nachdem sie ein Maximum überwunden hat, klingt die Spannung langsam wieder ab, bis sie schließlich auf Null gesunken ist. Der Strom steigt im Augenblick des Auftreffens des Wellenanfanges auf seinen doppelten Wert, von dem aus er auf ein Minimum sinkt, um bei unendlicher Wellenlänge wieder auf den doppelten Wert langsam anzusteigen. Bei unendlich langer Welle setzt der Löschtransformator also die elektrostatisch gebundene Wellenenergie in elektromagnetische Energie um, er macht also aus einer Spannung einen Strom, d. h. er führt die Wellenenergie aus einer gefährlichen Form in eine ungefährliche über. Diese Energieform wird dann in den Verluststellen des Löschtransformators und im Übergangswiderstand des mit Erdschluß behafteten Teiles der Anlage nach Erde vernichtet. Bei endlicher Wellenlänge wird dieser Vorgang zwar durch die Reflexion des Wellenendes unterbrochen. In diesem Fall entzieht der Löschtransformator aber der reflektierten Welle auf ihrer ursprünglichen Länge eine erhebliche Menge Arbeit, die er in einem der Welle folgenden langen Schwanz unterbringt, so daß auf alle Fälle der Welle ihr gefährlicher Charakter genommen wird und ihr außerdem Gelegenheit gegeben wird, ihre Energie zu vernichten. Irgendwelche hochfrequenten Schwingungen kann der Löschtransformator nicht erzeugen. (Schluß folgt.)

Überwachung der Schornsteinverluste

Von Dipl.-Ing. W. Prütz, Meßinstrumentenabteilung der Siemens & Halske A.-G.

Die große Bedeutung sparsamer Brennstoffwirtschaft hat fast überall eine schärfere Überwachung der Wirtschaftlichkeit brennstoffverbrauchender Anlagen zur Folge gehabt. Den Heizern wurden in Form von Meßeinrichtungen, wie Kohlenwagen, Dampf- und Wassermessern, Temperaturmeßgeräten und Rauchgasprüfern, Mittel an die Hand gegeben, die Brennstoffe wirtschaftlicher zu verfeuern, d. h. mit weniger oder billigerem Wärmeaufwand dieselbe Leistung (z. B. Dampfmenge je kg Kohle, geglühtes Eisen je m^3 Gas) wie vorher bei der Führung des Betriebes ohne Überwachung zu erzielen.

Bild 1. Wärmebilanz eines Dampfkessels.

Die Hauptersparnisse können durch Einschränkung der Schornsteinverluste gemacht werden, die in den Wärmebilanzen meist den größten Teil der Verluste ausmachen (Bild 1 und 2).

Zur Überwachung und Berechnung der Schornsteinverluste sind folgende Messungen unerläßlich:

1. Rauchgaszusammensetzung im Fuchs vor dem Schieber (CO_2- und gegebenenfalls CO-Gehalt).
2. Rauchgastemperatur T °C im Fuchs vor dem Schieber.
3. Temperatur der dem Kessel zur Verbrennung zugeführten Luft t °C.

Zu diesen Messungen sind folgende Instrumente nötig:

Zu 1. a) für den CO_2- und den CO-Gehalt der Gase je ein Anzeigeinstrument, nach dessen Angaben sich der Heizer richten kann. Er muß es also dauernd vor Augen haben, um in jedem Augenblick zu wissen, was er zu tun hat. Ferner muß das Instrument jede Änderung der Abgas-

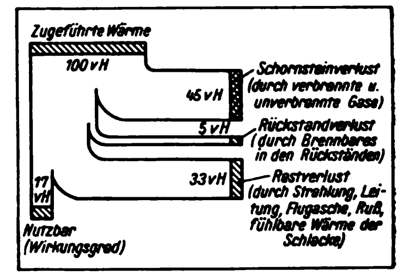


Bild 2. Wärmebilanz bei einem Schmiedeofen mit Rekuperator.

zusammensetzung sofort anzeigen (Bild 3 und 4).

b) Ein den CO_2- und den CO-Gehalt registrierender Apparat zur dauernden Überwachung der Abgaszusammensetzung für den Betriebsleiter (Bild 5).

Zu 2. Ein Pyrometer (bewährt haben sich thermoelektrische Pyrometer aus Eisen-Konstantan mit emailliertem Eisenschutzrohr), mit Anzeigeinstrument für den Heizer und Registrierapparat für den Betriebsleiter (Bild 3, 4 und 5).

Zu 3. Zum Messen der Temperatur der Verbrennungsluft — nicht immer identisch mit der Kesselhaustemperatur — ein gewöhnliches Zimmerthermometer oder ein Widerstandsthermometer mit Registrierapparat.

Außer den Messungen sind zur Berechnung des Schornsteinverlustes Angaben über Heizwert, Kohlenstoff- und Wasserstoffgehalt des Brennstoffes erforderlich. Bei sehr wasserhaltigen Brennstoffen, wie z. B. Schlammkohle, ungetrockneter Rauchkammerlösche und Rohbraunkohle, muß auch der Gesamtwassergehalt festgestellt werden, da bei hohem Wassergehalt des Brennstoffes die Schornsteinverluste erheblich steigen. Man wird hier um die Elementaranalyse kaum herumkommen, wenn man nicht unter Zulassung geringer Fehler die Anteile an Kohlenstoff und Wasserstoff aus der Rohanalyse der verwendeten Kohle errechnen will. Die Errechnung sei an folgendem Beispiel erläutert:

Rohanalyse der Kohle (Oberschlesische Steinkohle):

Gesamtwassergehalt	Gew.	9 v.H.	
Aschegehalt	„	10 „	
Gehalt an festem Kohlenstoff	„	49 „	= 81 v.H. Reinkohle
Gehalt an flüchtigen Teilen	„	32 „	

Die Summe: Fester Kohlenstoff + flüchtige Teile nennt man „Reinkohle“. Sie besteht aus den Elementen Kohlenstoff, Wasserstoff, Schwefel, Sauerstoff und Stickstoff. Schwankt auch der Wasser- und Aschegehalt von Kohlen aus demselben Revier sehr stark, so ändert sich dabei die Zusammensetzung der Reinkohle doch nur wenig. Diese Zusammensetzung der Reinkohle ist für viele Kohlengebiete bekannt. Tabellen



Bild 3. Anzeigeinstrumente zur Kesselüberwachung.

hierüber befinden sich in de Grahl, „Wirtschaftliche Verwertung der Brennstoffe“, „Hütte“ Bd. 1 und ähnlichen Werken.

Für unseren Fall, Oberschlesische Steinkohle, finden wir in der „Hütte“ 1915, Bd. 1, Seite 458 die Angabe, daß 100 Teile Reinkohle 82,5 Teile

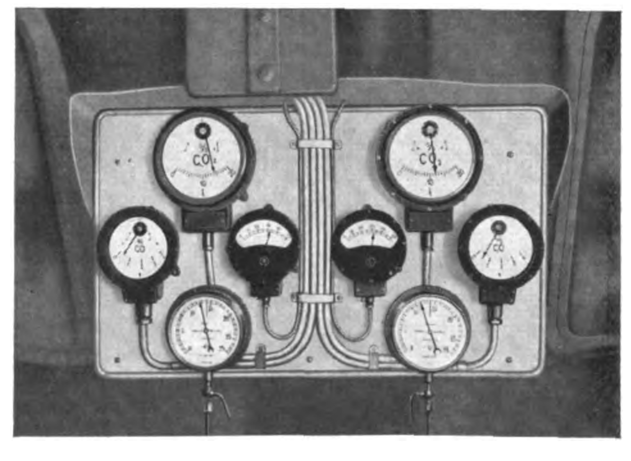


Bild 4. Kesselschild mit Anzeigeinstrumenten für die Kesselüberwachung aus Bild 3.

Kohlenstoff und 5,5 Teile Wasserstoff enthalten. Demnach entsprechen 81 Teilen Reinkohle 67 Teile Kohlenstoff und 4,45 Teile Wasserstoff. Der

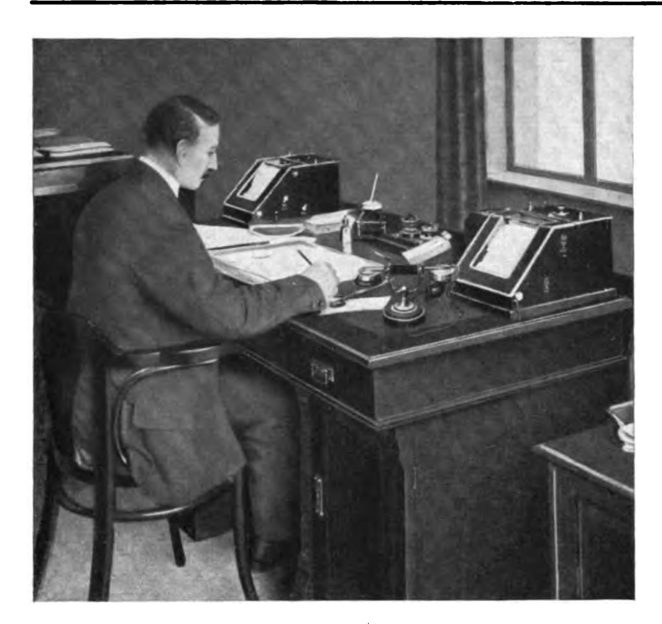


Bild 5. Zwei Mehrfarbenschreiber im Zimmer des Betriebsleiters.

Berechnung der Rauchgasmengen sind also 67 v.H. C und 4,45 v.H. H_2 zugrunde zu legen.

Schließlich ist noch die Angabe des Kohlenstoffes in den Rückständen (c) erforderlich, da er auf die Berechnung der Rauchgasmenge Einfluß hat (Bild 6). Wichtiger als dieser Einfluß ist die Tatsache, daß dieser Kohlenstoffgehalt ein Maß für den Ausbrand ist. Gerade bei Überwachung der Schornsteinverluste ist eine Kontrolle des Ausbrandes von Wichtigkeit, denn es ist besonders bei mechanischen Rosten nicht ausgeschlossen, daß bei dem Streben nach hohem CO_2-Gehalt viel Kohle unverbrannt in den Schlackenfall gefahren wird. Hier besteht dann die Gefahr, daß die Verminderung der Verluste durch Abgase durch höhere Verluste an Brennbarem (Kohlenstoff) in den Rückständen wieder aufgehoben wird.

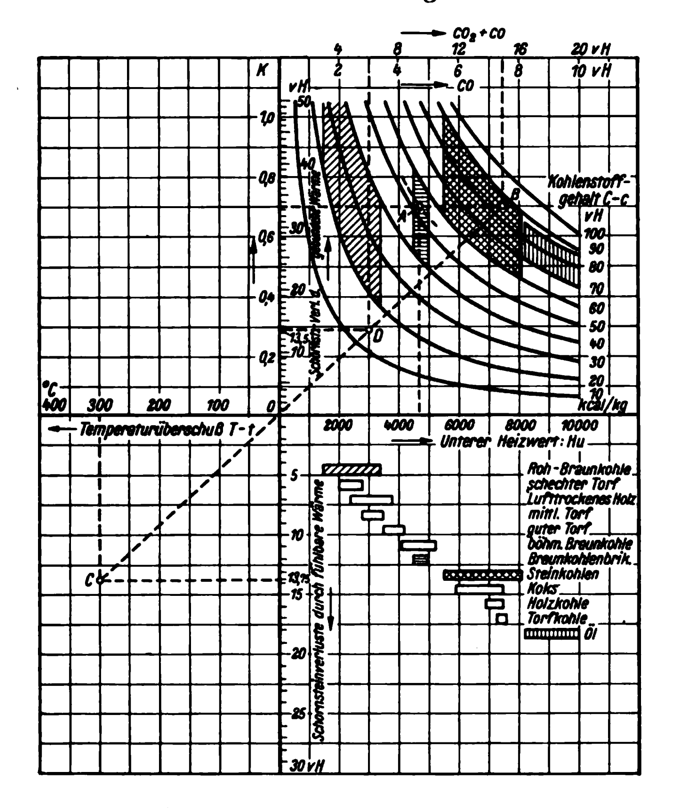


Bild 6. Schornsteinverluste durch trockene Rauchgase.

Die Abgasverluste berechnet man meist nach der Siegertschen Formel. Hierbei werden aber nur die fühlbaren Verluste durch trockene Rauchgase, nicht aber die Verluste durch chemisch gebundene Wärme (CO) der trockenen Abgase und die Verluste durch Wasserdampf erfaßt.

Es ist daher im folgenden versucht worden, die fühlbaren und chemisch gebundenen Wärmeverluste in den trockenen Rauchgasen (Bild 6) und die Verluste durch Wasserdampf (Bild 7) graphisch zu berechnen.

Mit Hilfe dieser beiden Tafeln ist es möglich, für jeden Brennstoff nach geradliniger Verbindung zweier Punkte sofort die Schornsteinverluste abzulesen. Das Verfahren ist daher von Wert bei jeder Berechnung der Abgasverluste, z. B. zur täglichen Berechnung des Schornsteinverlustes bei der Betriebsüberwachung, oder auch bei der Aufstellung von Wärmebilanzen bei Abnahme- und Betriebsversuchen.

Rechnerische Grundlage zu Bild 6.

Die Schornsteinverluste durch trockene Abgase können berechnet werden nach der Formel:

$$V_{tr} = \frac{1{,}86\ (C-c)}{Hu\ (CO_2 + CO)}\ [0{,}33\ (T-t)\ +\ CO\ 3055].$$

In dieser Formel bedeuten:

- V_{tr} die Verluste durch trockene Rauchgase in Hundertteilen der im Brennstoff enthaltenen Wärme,
- C den Kohlenstoffgehalt des Brennstoffes in Hundertteilen, bezogen auf 1 kg,
- c den Kohlenstoffgehalt der Rückstände in Hundertteilen, bezogen auf 1 kg Brennstoff,
- T die Abgastemperatur in °C,
- t die Temperatur der Verbrennungsluft in °C,
- Hu den unteren Heizwert des Brennstoffes in kcal/kg,

CO_2 und CO den Kohlensäure- und Kohlenoxydgehalt der Abgase in Hundertteilen.

Beispiel.

Zur Durchführung eines Beispiels seien folgende Daten gegeben:

Brennstoff (Braunkohlenbrikett):

Heizwert	Hu	kcal/kg	4700
Kohlenstoffgehalt der Kohle	C	v. H.	54
Kohlenstoffgehalt der Rückstände, bezogen auf 1 kg Brennstoff	c	„	1
Wasserstoffgehalt	H	„	4
Gesamtwassergehalt (Feuchtigkeit)	w	„	24

Abgase:

Kohlensäuregehalt	CO_2	„	12
Kohlenoxydgehalt	CO	„	3
Temperatur	T	°C	325

Verbrennungsluft:

Temperatur	t	°C	25

Heizwert und Kohlenstoffgehalt ergeben Punkt A. Eine Wagerechte durch A schneidet die Ordinate im Punkte K = 0,7. (Das ist für die Kohle des Beispiels die Konstante der Siegertschen Formel, für Steinkohle bekanntlich 0,65.) Man verbindet Punkt B, den Schnittpunkt dieser Wagerechten mit dem Lot im Punkte CO_2 + CO = 15, mit dem Nullpunkte des Systems und verlängert die Verbindungslinie bis C, dem Schnittpunkte von BO mit dem Lot im Punkte T − t = 300° C. Die Wagerechte durch C schneidet auf der Ordinate den Verlust durch fühlbare Wärme ab (13,75 v.H.). Die Wagerechte durch den Schnittpunkt D der Geraden BC mit dem Lot im Punkt CO = 3 v. H. schneidet auf der Ordinate den Verlust durch chemisch gebundene Wärme ab (13,5 v. H.). Der Verlust durch trockene Rauchgase ist also 13,75 + 13,5 = 27,25 v. H.

Erläuterung zu Bild 7. Den Verlust Vw durch Wasserdampf findet man folgendermaßen: Wassergehalt (24 v. H.) und Wasserstoffgehalt (4 v. H.) ergeben Punkt F. Der Schnittpunkt G der Wagerechten durch F mit dem Lote durch Hu = 4700 wird mit dem Nullpunkte verbunden. Diese Gerade GO schneidet das Lot im Punkte T − t = 300 im Punkte H. Die Wagerechte durch H schneidet auf der Ordinate den Verlust durch Wasserdampf in den Rauchgasen ab (1,8 v. H.).

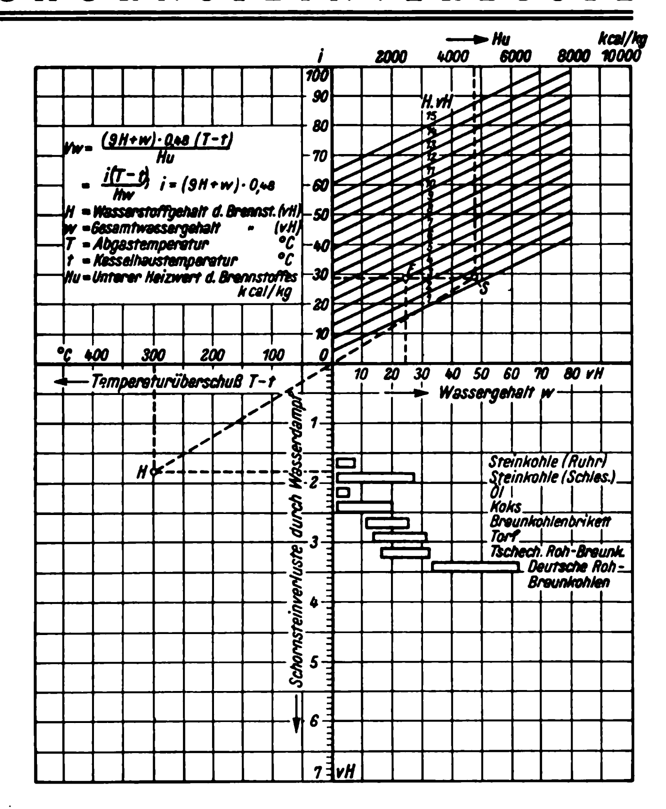


Bild 7. Schornsteinverluste durch Wasserdampf.

Der Gesamtschornsteinverlust beträgt also 27,25 + 1,8 = 29,05 v. H.

Da das Ziehen der betreffenden Linien und Auffinden der Punkte wenig Zeit in Anspruch nimmt, die Punkte A, F und G bei gleicher Kohle überhaupt unverändert bleiben, kann man in ganz kurzer Zeit den Schornsteinverlust finden.

Ersparnisse.

Die Ersparnisse, die durch Überwachen und Verringern der Schornsteinverluste zu erzielen sind, lassen sich nach folgender Formel leicht berechnen (angenommen ist, daß die Schornsteinverluste verringert worden sind, ohne andere Verluste zu erhöhen):

$$E = \frac{(V_g - V_h)\ B\ P}{100}.$$

Hierin bedeuten:

E die Ersparnisse in M,

V_g den Schornsteinverlust, mit dem die Anlage ohne Überwachung betrieben worden ist, in Hundertteilen,

V_h den Schornsteinverlust, mit dem die Anlage nach Einbau und Beachtung der Instrumente betrieben worden ist, in Hundertteilen,

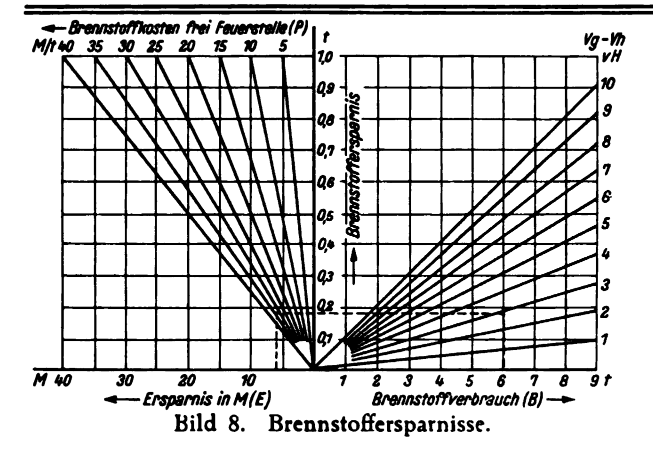


Bild 8. Brennstoffersparnisse.

B den Brennstoffverbrauch in t während eines Zeitabschnittes (Schicht, Woche, Monat usw.),

P den Brennstoffpreis für die Tonne frei Feuerstelle, in M/t.

Die durch die Gleichung ausgedrückten Beziehungen sind in Bild 8 graphisch dargestellt. Ist z. B. der Schornsteinverlust um 3 v. H. ($V_g - V_h$) verringert worden, so hat man bei einem täglichen Kohleverbrauch von 6 t eine Kohlenersparnis von 0,18 t/Tag und bei 35 M/t Kohlenpreis 6 M/Tag Ersparnisse. Ein Teil hiervon kann z. B. als Prämie ausgezahlt werden, um das Interesse der Heizer an wirtschaftlicher Feuerführung zu erhöhen.

Die angegebenen Kurven werden in allen Fällen gute Dienste leisten, wo es sich darum handelt, die Schornsteinverluste von Anlagen aller Art, die mit beliebigen Brennstoffen betrieben werden, schnell und sicher zu ermitteln oder nachzuprüfen.

KLEINE MITTEILUNGEN

32000 kVA-Turbogenerator.

Für den weiteren Ausbau des Kraftwerkes Hirschfelde erhielten die SSW von der Aktiengesellschaft Sächsische Werke den Auftrag auf einen 32000 kVA-Drehstromgenerator, für direkte Kupplung mit einer Dampfturbine der Waggon- und Maschinenfabrik A.-G., Görlitz von 24000 kW Leistung. Dieser Generator ist insofern bemerkenswert, als er die zur Zeit größte Leistung der Welt bei 3000 Umdrehungen darstellt, d. h. je Pol etwa 16000 kVA hergibt. Der Generator erhält einen Ringlaufkühler für eine Luftmenge von 33 m^3/s, der die erwärmte Luft um 30° abkühlt.

Von dem gleichen Generatormodell wurden den SSW noch zwei weitere Maschinen für die Erweiterung des Kraftwerkes Herdecke des Kommunalen E. W. Mark, Hagen/Westf., bestellt. Die M.A.N.-Turbinen für diese beiden Generatoren arbeiten mit 33 at und 400° C.

Das Fernkabel Domburg—Middelburg.

Von Dr. Rihl, Abteilung für Schwachstromkabel (SK 2) der Siemens & Halske A.-G.

Die holländische Staats-Telegraphen-Verwaltung hat der Siemens & Halske A.-G. den Auftrag auf Lieferung und Bau der Fernkabelstrecke Middelburg—Domburg erteilt. Diese Strecke schließt in Middelburg an die schon früher durch Siemens gelieferte Fernkabelstrecke Roosendaal—Middelburg an und nimmt an der holländischen Küste in Domburg die Seekabelverbindungen nach England auf, so daß die neue Kabelstrecke ein wichtiges Glied in der Ost—West-Verbindung zwischen Deutschland und den nordischen Ländern einerseits und England andererseits ist. Den Anschluß des holländischen Fernkabelnetzes an das deutsche Fernkabelnetz bildet die kürzlich der Siemens & Halske A.-G. in Auftrag gegebene Fernkabelstrecke zwischen Arnheim und der deutsch-holländischen Landesgrenze bei Babberich, über die hier schon berichtet wurde.

Für die Fernkabelstrecke Domburg—Middelburg wird ein 72 paariges, in Stamm- und Viererkreisen pupinisiertes Erdkabel mit Leitern von etwa 1,8 mm und 1,2 mm Durchmesser geliefert. Die dem zwischenstaatlichen Weitverkehr dienenden Vierdraht-Sprechkreise mit 1,2 mm Leitern werden eine besonders leichte Pupinisierung erhalten, so daß eine entsprechend hohe Grenzfrequenz dieser Sprechkreise erreicht wird. Die Pupinisierung erfolgt mittels neuzeitlicher Massekern-Pupinspulen. Der Nebensprechausgleich wird durch das der Siemens & Halske A.-G. patentrechtlich geschützte Kondensator-Ausgleichverfahren bewirkt. Das Kabel und die Zubehörteile werden noch in diesem Sommer geliefert, und die Anlage wird voraussichtlich noch im Herbst und Winter dieses Jahres gebaut werden.

Das Pupinkabel für den Dortmund—Ems-Kanal.

Von Dr. Rihl, Abteilung für Schwachstromkabel (SK 2) der Siemens & Halske A.-G.

Die Wasserbaudirektion Münster beim Oberpräsidium der Provinz Westfalen hat der Siemens & Halske A.-G. den Auftrag auf Lieferung und Bau der rund 60 km langen Pupinkabel-Strecke längs des Dortmund—Ems-Kanals zwischen dem Schiffshebewerk Henrichenburg und Münster erteilt. Dieses Kabel bildet die Fortsetzung des schon im Jahre 1914 von der Siemens & Halske A.-G. gebauten Pupinkabels für den Rhein—Herne-Kanal zwischen Duisburg und Henrichenburg. Die Verkabelung der Leitungen auf der neuen Strecke erfolgt, um der Wasserbaudirektion für den Kanalbetrieb unter allen Umständen sichere, den atmosphärischen Störungen nicht ausgesetzte Fernmeldeleitungen zu schaffen. Das Kabel wird als Erdkabel ausgeführt und längs des Kanals in der Krone des Dammes gebettet werden. Außer der Lieferung des Kabels und der Zubehörteile wird die Siemens & Halske A.-G. auch die Verlegungs- und Bauarbeiten für das Pupinkabel ausführen. Diese

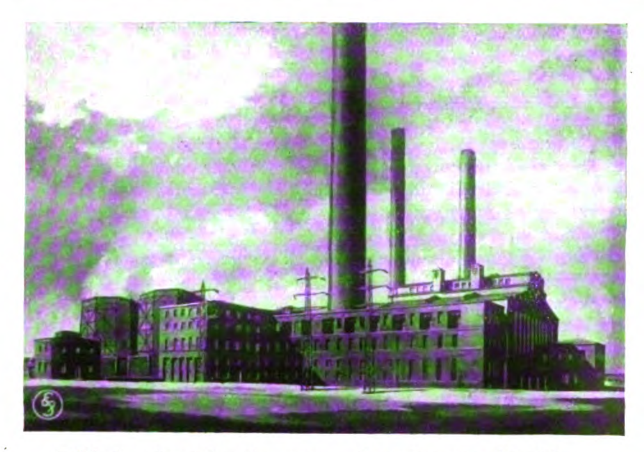


Bild 1. Ansicht der ersten Erweiterung Harbke.

Arbeiten werden voraussichtlich noch im Herbst dieses Jahres durchgeführt werden.

Erweiterung des Kraftwerkes Harbke der Braunschweigischen Kohlenbergwerke A.-G. Helmstedt.

Nachdem im Laufe des vergangenen Jahres eine erste Erweiterung des bestehenden Kraftwerkes Harbke durch die Siemens-Schuckertwerke fertiggestellt und dem Betrieb übergeben wurde, erhielten die SSW Anfang dieses Jahres den Auftrag auf eine zweite Erweiterung. Bild 1 zeigt die Ansicht des Kraftwerkes auf das Schalthaus nach der ersten Erweiterung. Ihre Angliederung an das bestehende Kraftwerk, sowie die neue Erweiterung stellt der Lageplan Bild 2 dar. Die Disposition der Erweiterungen wurde stark beeinflußt durch die Geländebeschaffenheit, da die Zentrale auf einem Abbaupfeiler eines Kohlenfeldes steht, der zudem noch teilweise von alten Grubenanlagen durchzogen wird. Andererseits sollte die bestehende Bekohlung des alten Werkes durch eine Seilbahn auch die Versorgung

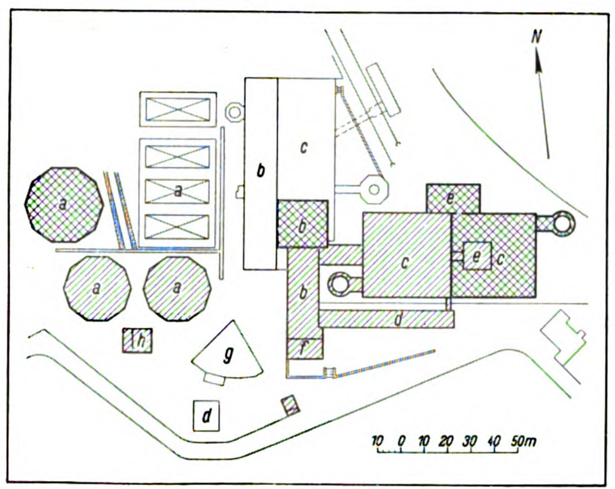


Bild 2. Lageplan.

a = Kühltürme
b = Maschinenhäuser
c = Kesselhäuser
d = Schalthäuser
e = Pumpenhäuser
f = Büro
g = Bassin
h = Impfhaus

der neuen Anlagen mit übernehmen, da die Leistungsfähigkeit der Seilbahn leicht bis zur erforderlichen Kohlenfördermenge gesteigert werden kann. Es wurde daher die erste Erweiterung, wie einfach schraffiert gezeichnet, an das bestehende Kessel- und Maschinenhaus angeschlossen. Das neue Maschinenhaus mit zwei Turbosätzen von 6400 kVA und 11400 kVA liegt in der Verlängerung des alten Kesselhauses, so daß noch Platz für einen Verbindungsübergang zum alten Maschinenhaus geblieben ist. Das neue Kesselhaus für sechs Steilrohrkessel von je 500 m² Heizfläche und Ekonomisern von 390 m² Heizfläche ist seitlich vom alten Kesselhaus aufgebaut worden. Ein in der Mittelachse des neuen Kesselhauses liegender Verbindungsbau, der an das Ende des alten Kesselhauses anschließt, dient zur Überleitung der Kohlenförderung von der bestehenden

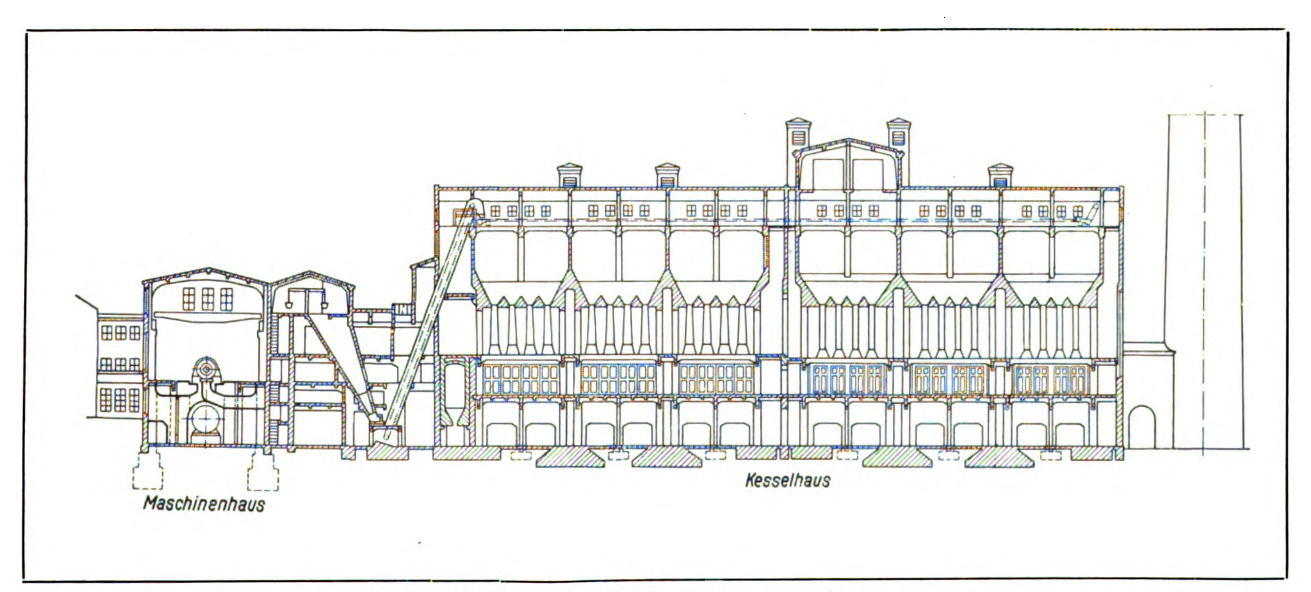


Bild 3. Schnitt durch die Kohlenförderanlage der Erweiterung.

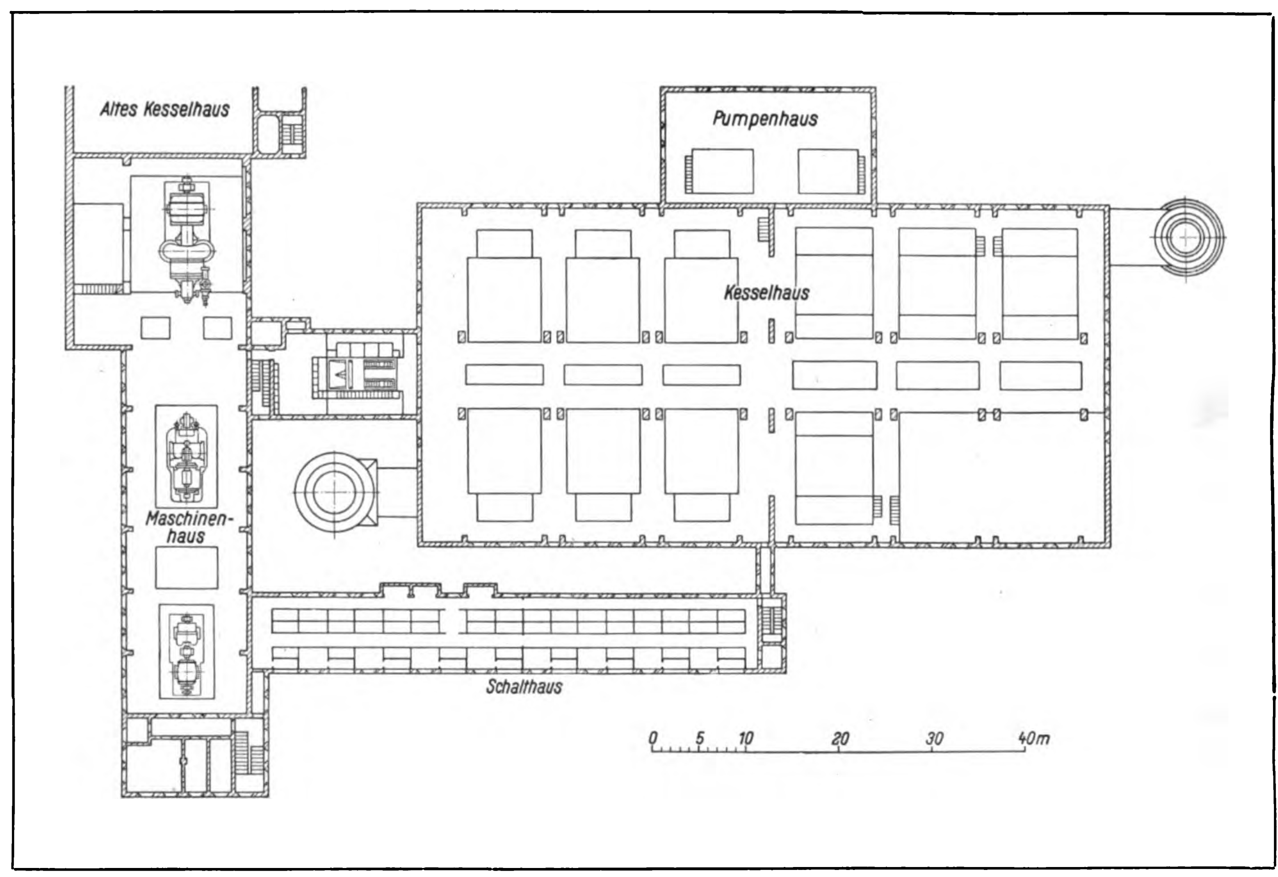


Bild 4. Grundriß des neuen Kraftwerkes.

Seilbahn in die Kohlenförderanlage der Erweiterung. Diese Kohlenförderanlage ist aus Bild 3, dem Längsschnitt durch das neue Kesselhaus, zu ersehen. Die zweite jetzt begonnene Erweiterung ist durch kreuzweise Schraffur im

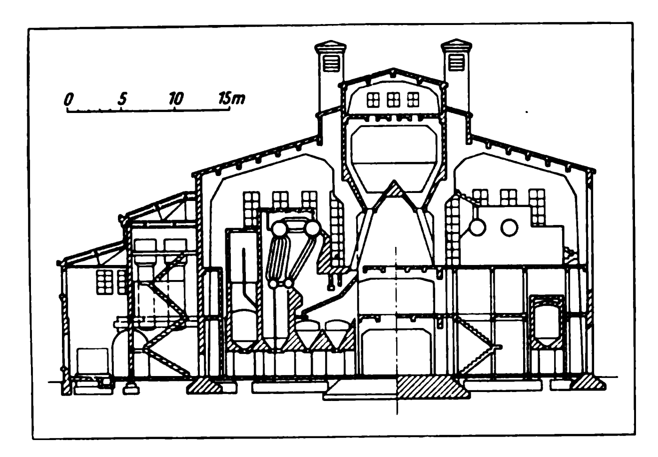


Bild 5. Querschnitt des Kesselhauses der ersten Erweiterung.

Lageplan angedeutet. Ein Teil des alten Kesselhauses wird für die Erweiterung des Maschinenhausneubaues hinzugenommen und dient zur Aufstellung eines Turbosatzes von 23000 kVA Leistung. Das neue Kesselhaus wird für weitere sechs Steilrohrkessel von 550 m² Heizfläche erbaut, und erhält für vorläufig aufzustellende vier Kessel einen neuen Schornstein. Die neuen Kessel arbeiten ebenso wie die Kessel der ersten Erweiterung mit 17,5 at Kesseldruck. Es ist in Erwägung gezogen, die restlichen beiden Kessel, die später aufgestellt werden sollen, für höheren Kesseldruck auszurüsten und dann eine letzte Turbine als Vorschaltmaschine aufzustellen. Den Grundriß der beiden Erweiterungen zeigt Bild 4, den Schnitt durch das Kesselhaus Bild 5. Verfeuert wird Rohbraunkohle von 2400 Kal. Heizwert. Zur Verbrennung gelangt die Braunkohle heute auf den üblichen Treppenrosten. Für die neuen Kessel sind mechanisch betriebene Roste in Aussicht genommen, deren endgültige Wahl getroffen wird, nachdem das Ergebnis eines Versuches im Kraftwerk der SSW mit einer neuartigen Konstruktion eines mechanisch bewegten Rostes vorliegt. Das Zusatzspeisewasser wird durch Verdampfer bereitet. Das Kühlwasser wird z. Zt. durch eine Balkesche Impfanlage enthärtet und durch Kühltürme gekühlt. Die für beide Erweiterungen ausreichende Schaltanlage ist in einem geräumigen Gebäude parallel zum Kesselhaus untergebracht. Sie ist nach dem Doppelsammelschienensystem gebaut und speist fünf abgehende Fernleitungen für 50000 V. Die gesamte Bauausführung und Bauleitung ebenso wie bei der ersten Erweiterung liegt in Händen der SSW als beratende Ingenieure und Architekten.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.



SIEMENS-ZEITSCHRIFT



SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

8. HEFT • BERLIN / AUGUST 1925 • JAHRGANG 5

Die Technik des Fernsprechens im Weitverkehr.

Von Dr.-Ing. August Engelhardt, Siemens-Kabel-Gemeinschaft.

Wir stehen in der Nachrichtentechnik am Anfang einer schon seit Jahrzehnten erhofften, doch erst seit einigen Jahren in den Bereich des Möglichen gerückten Entwicklung. Quer durch Europa entstehen vielfältige internationale Fernsprechverbindungen. Die wenigen vor dem Kriege bestehenden zwischenstaatlichen Freileitungsverbindungen in Europa krankten an dem bekannten Übelstand, daß sie oft Störungen ausgesetzt waren; der Wunsch nach Sicherung gegen atmosphärische Einflüsse und mechanische Beschädigungen jedweder Art war der erste Antrieb, den Bau interurbaner Fernsprechkabel ins Auge zu fassen. Den ersten Schritt zur Schaffung eines für die Telephonie bestimmten Fernkabelnetzes tat in Europa die deutsche Postverwaltung, indem sie im Jahre 1911 der Firma Siemens & Halske das 600 km lange Rheinlandkabel für den Fernsprechverkehr zwischen Berlin und dem rheinischen Industriezentrum in Auftrag gab. Zur Übertragung einer ausreichenden Lautstärke mit Berücksichtigung der Anschlußstrecken waren bereits Leiterdurchmesser von 3 mm erforderlich; damit ist in wirtschaftlicher und technischer Hinsicht die Grenze für die Reichweite solcher Kabel gegeben. Erst die im Krieg in nennenswertem Umfang einsetzende Entwicklung der Hochvakuum-Verstärker ermöglichte es, dünne Kupferleiter auch für weit größere Entfernungen zu verwenden.

Die ersten Schwierigkeiten beim Übergang von der Freileitung auf das Kabel waren die größere Dämpfung und die erhebliche Sprachverzerrung. Heaviside machte im Jahre 1886 darauf aufmerksam, daß man die schädliche Wirkung der Leitungskapazität durch Erhöhung der Induktivität vermindern könnte. Dies wird nach Krarup durch fortlaufende Umspinnung der Leiter mit Eisendraht oder wirksamer und billiger dadurch erreicht, daß man nach Pupin in regelmäßigen Abständen, die klein gegen die Wellenlänge der zu übertragenden Schwingungen sein müssen, Selbstinduktionsspulen in den Leitungszug einfügt. Diese Forderung führte zu Spulenabständen von 1,8 bis 3 km. Die Wirkung der Selbstinduktionsbelastung läßt sich in allererster Annäherung durch Erhöhung des Leitungs-Scheinwiderstandes erklären. Man arbeitet also zur Übertragung einer bestimmten Energiemenge mit höherer Spannung und schwächerem Strom, und da die Ohmschen Verluste die elektrischen stark überwiegen, so ergibt sich ein beträchtlicher Gewinn. Gleichzeitig wird durch die Pupinisierung die Sprachverzerrung herabgesetzt, d. h. die Verständlichkeit der übertragenen Sprache verbessert, vorausgesetzt, daß die sogenannte Grenzfrequenz der Pupinleitung von der höchsten zu übertragenden Frequenz genügend weit entfernt ist, denn die Pupinleitung drosselt alle oberhalb ihrer Grenzfrequenz liegenden Schwingungen ab. Mit sinkender Spuleninduktivität steigt die Grenzfrequenz und damit die Güte der übertragenen Sprache, es steigt aber auch die Dämpfung.

Die Pupinspulen erhielten jahrelang Kerne aus Stahldraht; die in ihnen entstehenden, mit der Frequenz ansteigenden Hysterese- und Wirbelstromverluste tragen natürlich auch zur Sprachverzerrung bei. Seit ungefähr 4 Jahren verwendet die Firma Siemens & Halske auf Grund von Versuchen, die bis auf die Jahrhundertwende zurückgehen, durchweg Kerne aus gepreßtem, feinstem Eisenpulver, wobei jedes Körnchen mit einer dünnen Isolierschicht umgeben ist. Der Anteil der frequenzabhängigen Eisenverluste ist

infolge des gewählten Materials und der unendlich feinen Unterteilung des neuen Kernes viel kleiner. Der Hauptvorteil der Masse-Kernspulen liegt aber in ihrer viel größeren Unabhängigkeit von Gleichstrommagnetisierung.

Um die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen, nutzt man bei Fernkabeln je zwei Paare zur Bildung eines dritten Sprechkreises in bekannter Weise aus. Dr. Ebeling gab den Weg an, auch diesen Viererkreis durch einen besonderen Spulensatz zu belasten. Der Weg für eine 50prozentige Mehrausnutzung der Fernkabel war damit gewiesen; ermöglicht wurde sie aber erst, als es gelang, jede betriebstörende gegenseitige Beeinflussung zwischen den drei Stromkreisen eines Vierers zu beseitigen. Die Beeinflussungen sind vor allem kapazitiver Art. Eine nähere Betrachtung ergibt, daß die in Bild 1 dargestellten sogenannten Seitenkapazitäten X_1 bis X_4 der 4 Adern eines Vierers einander gleich sein müssen, um volle gegenseitige Nebensprechfreiheit der 3 Stromkreise eines Vierers zu erzielen. Es genügt also z. B., in jedem Spulenfeld durch Parallelschalten von 3 Zusatzkondensatoren die 3 kleineren Seitenkapazitäten auf den Betrag der jeweils größten zu bringen. Mit diesem von Siemens & Halske entwickelten Verfahren werden im Mittel Nebensprechwerte von b > 9 erreicht, d. h. weniger als der 65 millionte Teil der Energie wird auf den gestörten Stromkreis übertragen. Die benötigten Zusatzkondensatoren werden durch einfache Kapazitätsmessungen auf der Strecke bestimmt und gürtelartig um die Spleißstelle angeordnet.

In Kabeladern längs elektrischer Bahnen erzeugt der Fahrdrahtstrom magnetische Induktionsspannungen, die sich über die Kapazitäten der Adern nach Erde ausgleichen. Unterscheiden sich die Erdkapazitäten von Hin- und Rückleitung eines Stromkreises, so hört man besonders die Obertöne des induzierenden Fahrstromes. Um diese Störung zu beseitigen, müssen die Erdkapazitäten von Hin- und Rückleitung jedes Stamm- oder Vierersprechkreises einander gleichgemacht werden. Dies gelingt wieder durch Hinzufügen von 3 Zusatzkondensatoren zu den 3 kleineren Erdkapazitäten der 4 Adern eines Vierers.

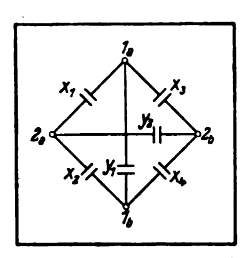


Bild 1. Paar- und Seitenkapazitäten.

Die gegenseitigen Beziehungen zwischen Seiten- und Erdkapazitäten sind nicht linearer Natur. Wollte man darum nach erfolgtem Erdausgleich den Nebensprechausgleich ausführen, so fände man, daß dadurch die Symmetrie der Adern gegen Erde wieder gestört werden würde, und umgekehrt. Geeignete Meßverfahren für einen kombinierten Ausgleich sind entwickelt; man braucht höchstens sechs Zusatzkondensatoren für jeden Ausgleichpunkt.

Die Widerstands- und Induktivitäts-Unsymmetrien von Kabeln und Spulen veranlassen ebenfalls Starkstromstörungen und Nebensprechen zwischen Stamm- und Viererkreisen. Es gelang, die Wirkung dieser Unsymmetrien auf das Nebensprechen durch eine besondere Ausgestaltung des Kondensatorausgleichverfahrens „unter Strom" weitgehend zu kompensieren. Die ohne Schwierigkeiten erreichbare Induktivitätssymmetrie von Hin- und Rückleitung eines Viererkreises läßt keine Starkstromgeräusche befürchten. Sie stellen sich aber sofort ein, sobald eine Spule durch Magnetisierung ihre Induktivität ändert. Daher der Übergang zu den in dieser Hinsicht viel unempfindlicheren Massekernspulen.

Die in den Kabeladern von der Grundwelle des Fahrstromes induzierten Spannungen können bei längerem Parallellaufen zur elektrischen Bahn gefährliche Höhen erreichen. Durch Erhöhung der Leitfähigkeit und Selbstinduktion des Kabelmantels läßt sich die induzierte Spannung bedeutend herabsetzen. Die Leitfähigkeit des Kabelmantels erhöht man zunächst, indem man Mantel und Bewehrung an jeder Verbindungsmuffe mit Kupferbügeln durchverbindet, die Selbstinduktion durch Verwendung von Bandeisenbewehrung. Im Herbst 1923 hat die Siemens & Halske A.-G. in Zusammenarbeit mit der Deutschen Reichsbahnverwaltung an den schlesischen Gebirgsbahnen ein Versuchskabel ausgelegt, dessen Mantelwiderstand durch eine Lage von blanken Kupferdrähten über der Seele weiter verringert war. Der Erfolg war glänzend, die Spannung sank von 11 auf 2 V für je 100 Akm.



Dies wäre in großen Zügen der jetzige Stand der Fernkabeltechnik, bis auf die eingangs erwähnte Anwendung der Hochvakuumverstärker. Für Verbindungen bis zu einer Höchstdämpfung b = 7 kann man die bekannten Doppelrohr-Zwischenverstärker für Zweidrahtbetrieb verwenden, die eine künstliche Nachbildung der beiderseits angeschalteten Fernleitungszweige erfordern.

Die Amerikaner und auch die Siemens & Halske A.-G. haben Kunstschaltungen entwickelt, mit denen man den mittleren Scheinwiderstandsverlauf einer Pupinleitung im Gebiet der wichtigen Sprachfrequenzen ausgezeichnet nachbilden kann, nicht aber dessen Schwankungen um die Mittelkurve. Diese Schwankungen werden verursacht durch Ungleichmäßigkeiten der Induktivitäten und Kapazitäten der einzelnen Spulenfelder längs der Strecke. Bei gleichmäßigen Kabelanlagen kann man mit einem einzigen eingeschalteten Doppelrohr-Zwischenverstärker Verstärkungen von mindestens s = 2,3 erhalten. Die Verhältnisse werden jedoch ungünstiger bei Hintereinanderschaltung mehrerer Verstärker. Praktisch soll man nicht auf mehr als höchstens vier Doppelrohr-Zwischenverstärker im Leitungszug bei Verstärkerfelddämpfungen von möglichst nicht über b = 1,4 gehen.

Darüber hinaus ist für jede Gesprächsrichtung ein besonderer Stromkreis zu wählen, mit nur in einer Richtung wirkenden Verstärkern (Bild 2 oben). Dieser Gedanke wurde von van Kesteren

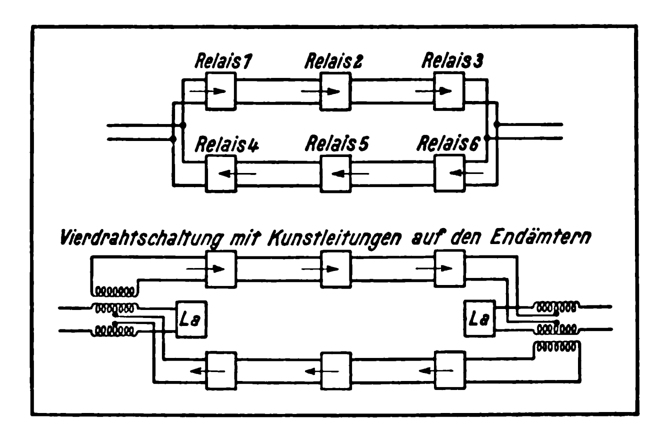


Bild 2. Vierdrahtschaltung nach van Kesteren und Ohnesorge.

angegeben. Rückkopplung setzt erst ein, wenn die Gesamtverstärkung des Rückkopplungskreises seine Gesamtdämpfung überschreitet,

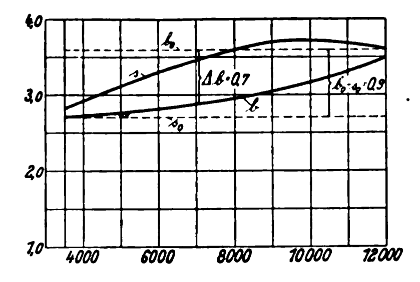


Bild 3. Verstärkerfelddämpfung.

d.h. man kann die Vierdrahtverbindung selbst fast entdämpfen. Oberpostrat Ohnesorge gab eine noch bessere Lösung an, indem er die anzuschaltenden Zweidrahtkreise (Teilnehmerleitungen oder weitergehende Fernleitungen) über Brücken- oder Differentialschaltungen anlegte und durch Kunstleitungen nachbildete (Bild 2 unten). Entsprechend den Verhältnissen beim Doppelrohr-Zwischenverstärker läßt sich eine durch die Güte der Leitungs-Nachbildungen begrenzte Überschußverstärkung erzielen.

Eine bei Weitverbindungen auftretende Schwierigkeit bedeutet der sogenannte Echoeffekt. Für gewisse Frequenzen stimmen die Scheinwiderstände der an die Vierdrahtleitungen angeschalteten Zweidrahtleitungen mit denen ihrer Nachbildungen aus den bekannten Gründen nicht überein. Dadurch entstehen Rückkopplungsströme, die nach einer bestimmten Laufzeit das Ohr des Sprechenden erreichen. Die erste Lösung dieser Schwierigkeit erblickte man in der Verkürzung der Laufzeit, d. h. in der Erhöhung der Grenzfrequenz durch Wahl leichterer Pupinisierung. Wichtiger erscheint es, das elektrische Gleichgewicht zwischen den angeschalteten Zweidrahtleitungen und ihren Nachbildungen so vollkommen wie möglich zu gestalten, damit bereits die Lautstärke des ersten Echos gegenüber derjenigen der abgehenden Sprache möglichst verschwindet. Neuerdings sind von verschiedenen Seiten Mittel angegeben worden, um durch die in einer Richtung des Vierdrahtkreises fließenden Sprechströme einen Verstärker der entgegengesetzten Richtung unwirksam zu machen und auf diese Weise den Echoströmen den Weg zu versperren.

Besondere Anstrengungen erforderte es, die Leitungsverzerrung beim Übergang auf Weitverbindungen zu bekämpfen. Bekanntlich steigt die Dämpfung von Pupinkabeln mit der Frequenz erst langsam, dann in der Nähe der Grenzfrequenz rasch an. Bei größeren Entfernungen, die mittels Einschaltung mehrerer Verstärker überbrückt werden, hat man durch besondere

Maßnahmen dafür zu sorgen, daß die restliche Sprachverzerrung nicht zu groß wird. In Bild 3 stellt die Kurve b die Dämpfung eines Verstärkerfeldes in Abhängigkeit von der Frequenz dar. Die Vorübertrager der Verstärker haben bekanntlich auf der Gitterseite viele tausend Windungen dünnsten Drahtes. Deren Eigenkapazität macht sie zu Resonanzübertragern mit einem für die Eigenfrequenz maximalen primären Scheinwiderstand. Entsprechend verläuft die Verstärkung eines Einrohrverstärkers für Vierdrahtbetrieb nach Kurve s; die größte Verstärkung liegt ungefähr bei der Eigenfrequenz $\omega = 10000$ des Vorübertragers. Die Amerikaner gehen nun folgendermaßen vor: sie erhöhen zunächst die Verstärkerfelddämpfung durch zusätzliche frequenzabhängige Dämpfungsglieder auf den gleichmäßigen Betrag b_0 und setzen die Verstärkung durch besondere Ausgestaltung ihrer Zwischenverstärker auf den ebenfalls frequenzunabhängigen Betrag s_0 herab. Damit das Feld voll entdämpft wird, muß s_0 mit b_0 zusammenfallen, d. h. die ursprüngliche Verstärkerkurve muß um $\triangle s = 0{,}9$ höher gelegt werden, als hier angegeben ist, was die Verwendung zweier Verstärkerrohre in Kaskade erfordert. — Siemens & Halske machen sich den Umstand zunutze, daß Dämpfung und Verstärkung in dem interessierenden Frequenzbereich im wesentlichen ansteigen. Man sorgt nur durch zusätzliche Schaltmittel im Verstärker dafür, daß die Verstärkungskurve auf die Dämpfungskurve herabgeholt wird; dann ergibt sich bei Verwendung von Einrohrverstärkern eine mögliche Verstärkung $s = 2{,}8$ für die mittlere Sprachfrequenz $\omega = 5000$.

Nachdem es gelungen war, der Frequenzabhängigkeit des Dämpfungsmaßes b vollkommen Herr zu werden, blieb als letzte Schwierigkeit die Frequenzabhängigkeit des Phasenmaßes a. Dieses gibt an, um welchen Betrag im absoluten Winkelmaß sich der Phasenwinkel einer über die Leitung fortschreitenden Welle gegenüber dem Ausgangspunkt ändert. a hat also den Wert 2π für eine Wellenlänge. Jede Schwingung legt eine Wellenlänge in der Zeit $\frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ zurück. Für beliebige Leitungslängen hat die Laufzeit einer Welle also den Wert $t_0 = \frac{a}{\omega}$. Für homogene Leitungen hoher Induktivität ist a angenähert proportional der Frequenz. Die Laufzeiten für die Wellen aller Frequenzen haben somit den gleichen Wert t_0, alle Schwingungen kommen am Empfangsende mit derselben gegenseitigen Phasenbeziehung an, mit der sie in die Leitung eingetreten sind. Es treten keine verzerrenden Einschwingvorgänge am Empfangsende auf. Bei Pupinleitungen gilt dies nur für die tieferen Frequenzen, die von der Grenzfrequenz weit entfernt sind. Für die höheren Frequenzen bis zur Eigenfrequenz ergeben sich jedoch längere Laufzeiten; das ankommende Zeichen baut erst seine niederfrequenten Bestandteile auf, die höherfrequenten treffen erst später ein. Die Zeitdauer des Einschwingvorganges wächst mit der Leitungslänge, im selben Maß leidet die Wiedergabe zunächst der kurzen Konsonanten und damit die Verständlichkeit. Wir können auch sagen: Je länger die Pupinleitung, ein desto breiteres Frequenzband unterhalb der Eigenfrequenz wird von den Einschwingvorgängen merklich betroffen. Es bleibt zunächst kein Mittel, als die Eigenfrequenz hinauszuschieben, d. h. leichter zu pupinisieren. Die jetzt verwandte Grenzfrequenz $\omega_0 = 18000$ soll vorsichtigerweise nur bis 1000 km Entfernung angewandt werden. Für die größten in Europa möglichen Entfernungen von 4500 km kämen wir mit Vierdrahtleitungen mit einer Grenzfrequenz 28000 aus; doch haben sich die Verwaltungen für die Weitverbindungen vorsichtigerweise für eine noch leichtere Pupinisierung mit $\omega_0 = 35000$ entschieden.

Oberingenieur Küpfmüller von Siemens & Halske schlug Ende 1923 vor, an den Verstärkerpunkten besondere Schaltelemente vorzusehen, die im Gegensatz zur Pupinleitung die Eigenschaft haben, die niedrigen Frequenzen zu bremsen. Auf diese Weise muß es gelingen, für alle wichtigen Frequenzen gleiche resultierende Laufzeit zu erhalten, d. h. jeden störenden Einschwingvorgang zu vermeiden. Die bisherigen Laboratoriumsversuche berechtigen zu den besten Erwartungen. Durch Einschalten von ziemlich einfach gestalteten Phasenausgleichelementen ist es gelungen, die Einschwingzeit eines bestimmten Zeichens auf den vierten Teil herabzusetzen. Dieser Erfolg wird sicher in die Praxis umgesetzt werden, so daß man auch für den Weitverkehr die normale, viel wirtschaftlichere Pupinisierung wird beibehalten können.

Der Schutzwert des Erdseils bei Hochspannungsfreileitungen

Von Dipl.-Ing. Richard Stein, Charlottenburger Werk der SSW.

I. Einleitung.

Bei Hochspannungsfreileitungen werden über dem Leitungssystem häufig ein, zwei oder drei mit dem geerdeten Gestänge leitend verbundene Seile, sogenannte Erdseile oder Blitzseile, verlegt, die zwei verschiedenen Zwecken dienen. Erstens wird durch die leitende Verbindung der Maste untereinander eine gleichmäßige Erdung der Maste erzielt, zweitens hat das Erdseil eine gewisse Schutzwirkung, die darin besteht, daß die durch atmosphärische Störungen verursachten Überspannungen beim Leitungssystem mit Erdseilen nicht dieselbe Höhe erreichen wie beim System ohne Erdseile.

Für die rechnerische oder experimentelle Ermittlung des Schutzwertes von Erdseilen, die sich die vorliegende Arbeit als Ziel setzt, müssen nun einige einschränkende Annahmen gemacht werden, welche die tatsächlichen Verhältnisse idealisieren. Man hat sich das zwischen einer geladenen Wolke und Erde bestehende Erdfeld als homogenes elektrostatisches Feld eines Plattenkondensators zu denken, dessen beide Elektroden, Wolke und Erde, ebene Flächen großer Ausdehnung mit entgegengesetzt gleichgroßer Ladung darstellen, die gleichmäßig verteilt ist. Die Abmessungen der Plattenelektroden müssen in solcher Größe vorausgesetzt werden, daß in dem der Betrachtung unterzogenen Raum die Randwirkung nicht fühlbar ist. Die dazwischen befindliche Luft ist homogenes Dielektrikum ohne freie Ladungen, so daß Richtung und Betrag der elektrischen Feldstärke überall konstant sind. Wird nun zwischen beide Platten und parallel zu ihnen eine an einer Spannungsquelle liegende Leitung verlegt, so stellt sie, sofern sie nicht das an der betreffenden Stelle vom Erdfeld allein herrührende Potential hat, eine elektrische Quelle dar, deren Feld sich dem Erdfeld überlagert. Umgekehrt kann man sagen, daß das Erdfeld die Ladung der Leitung erhöht. Beim Verschwinden des Erdfeldes wird der von ihm herrührende Teil der Ladung frei und erzeugt auf der Leitung eine entsprechende Überspannung, die nach beiden Leitungsenden als Wanderwelle abfließt. Weiterhin ist die Bedingung zu stellen, daß die dem Leiter aufgedrückte Spannung noch nicht so hoch ist, daß an der Leiteroberfläche die Durchbruchsfeldstärke erreicht wird, da sonst das Dielektrikum als nicht mehr quellenfrei betrachtet werden muß und infolgedessen eine Behandlung des Problems ausgeschlossen ist.

Mit diesen Voraussetzungen hat z. B. Petersen (E. T. Z. 1914, S. 1 ff.) den Schutzwert von Erdseilen berechnet. Er definiert als Schutzwert in %

$$\triangle V\,\% = \frac{V - V_g}{V} \cdot 100,$$

wobei V_g die Spannung des durch Erdseil geschützten Leiters und V die Spannung des ungeschützten Leiters beim Verschwinden des Erdfeldes bedeuten. Die Spannungen werden aus den Maxwellschen Kapazitätsgleichungen errechnet.

Für die nachstehend beschriebene Untersuchung, die auf Anregung von Herrn Dr. Schrottke ausgeführt wurde [1]), ist es zweckmäßig, unter Umformung der Petersen'schen Definition für den Schutzwert des Erdseils das Verhältnis $\frac{Q - Q_g \cdot f}{Q}$ einzuführen, wobei unter Q die Ladung bzw. Anzahl der Feldlinien des Systems ohne Erdseil, unter Q_g die Ladung bzw. Anzahl der Feldlinien des Systems mit Erdseil zu verstehen ist. Der Faktor f bedeutet dabei das Verhältnis der mittleren Erdkapazität der Leiter ohne Erdseile zu der mittleren Erdkapazität mit Erdseilen. Er hat für den vorliegenden Fall den Wert 0,87. Zur Berechnung des Schutzwertes bilden dann die auf experimentellem Wege gefundenen Feldlinienbilder die Grundlage.

II. Versuchsbeschreibung.

Eine im Erdfeld verlaufende Drehstromdoppelleitung mit zwei Erdseilen stellt für dieses ein System von acht Quellen dar. Da der Leitung eine Wechselspannung von der Form $E = E_0 \sin \omega t$ aufgedrückt wird, entsteht in jedem Zeitmoment während einer Periode ein neues Feldlinienbild. Um das für einen bestimmten Zeitpunkt geltende Feldlinienbild zu erhalten, ist ein Verfahren [2]) angewandt worden, das von der Tatsache ausgeht, daß zwischen zwei Elektroden verschiedenen

---

[1]) E. T. Z. 1922, S. 1261.

[2]) W. Estorff, E. T. Z. 1918, S. 62.

Potentials die elektrischen Feldlinien in dem dazwischen liegenden homogenen Dielektrikum genau so verlaufen wie die Stromlinien in dem an die Stelle des Dielektrikums gebrachten homogenen Elektrolyten. Neben den in der Einleitung aufgeführten Voraussetzungen wurden noch folgende Einschränkungen gemacht:

1. Die Leitungen haben keinen Durchhang; die Leiterachsen sind also unter sich sowie zur Wolke und Erde parallele gerade Linien.

2. Die elektrische Achse eines Leiters, d. h. diejenige im Leiterinnern verlaufende Linie, die von den Verlängerungen sämtlicher auf der Oberfläche des betreffenden Leiters mündenden Feldlinien getroffen wird und genau genommen exzentrisch zur geometrischen Achse des Leiters liegt, wird als mit der geometrischen Achse zusammenfallend angesehen, da im Verhältnis zu den Leiterdurchmessern die gegenseitigen Abstände zwischen den einzelnen Leitern, Wolke und Erde, sehr groß sind. Hieraus folgt, daß die Feldstärke auf der Leiteroberfläche mit großer Annäherung an die Wirklichkeit als konstant, d. h. die Verteilung der Feldlinien längs des Leiterumfanges als gleichmäßig angesehen werden kann.

Bild 1. Maßbild der Freileitung für 100 kV.

3. Die Äquipotentialflächen (Äquipotentialfläche = geometrischer Ort aller Punkte gleichen Potentials), deren Abstand von der Erde gleich der doppelten Masthöhe oder größer als diese ist, sind zur Erde und Wolke parallele Ebenen. Diese Annahme wird durch eine Reihe von Voruntersuchungen bestätigt.

Ein Leitungsmodell, das etwa dem in Bild 1 skizzierten Mastbild entsprach und im Maßstab 1 : 50 angefertigt war, wurde in eine mit Leitungswasser gefüllte Wanne (130 × 90 × 70 cm) zwischen zwei parallele ebene Metallplatten in der in Bild 2 angedeuteten Weise gebracht (je eine Vorder- und eine Seitenwand sind zwecks Veranschaulichung der Anordnung weggelassen). Um nun für jeden Zeitpunkt einer Periode die sich entsprechenden Momentanwerte der drei Phasen R, S, T darstellen zu können, wurde ein Flüssigkeitswiderstand benutzt, zwischen dessen beiden Plattenelektroden A und B sich eine dritte Platte C parallel zu A und B befindet. Drehbar um die senkrechte Mittellinie der Platte C ist ein Stern mit drei gleich langen je um 120° versetzten Armen angeordnet, an deren Enden je ein blanker Kupferstab (1, 2, 3) isoliert befestigt ist. Legt man nun an die beiden Elektroden A und B Spannung, so entspricht unter der Voraussetzung, daß die Flüssigkeit überall gleiche Konzentration aufweist, einer bestimmten in Richtung AB genommenen Strecke ein gewisser Spannungsabfall. Daher sind auch die Spannungsabfälle der drei Kupferstäbe gegen die Platte C proportional dem jeweiligen Abstand des betreffenden Stabes von der Platte. Spricht man nun der Platte C das Potential 0 zu — B hat dann ein positives, A ein negatives Potential —, so haben die drei Stäbe für jede Sternstellung die der betreffenden Stellung entsprechenden Augenblickswerte der drei Phasenspannungen eines symmetrischen Drehstromsystems. In der in Bild 3 angedeuteten Sternstellung haben z. B. die drei Stäbe bzw. die drei Phasen die Potentiale −9, −9, +18 gegen Null. Dies sind zunächst nur Verhältniszahlen. Mit Berücksichtigung der zugehörigen Widerstandsverhältnisse $R_1 : R_2$ (Bild 2) lassen sich für diese Zahlen leicht die tatsächlichen Spannungswerte angeben. Für die Untersuchung wurde angenommen, daß die Amplitude der Phasenspannung etwa 64 kV beträgt bei einer verketteten Spannung von ~ 80 kV_{eff}. Die Feldstärke des Erdfeldes wurde zu etwa 6 kV pro m angenommen. Ist die gleiche Leitung mit einer verketteten Spannung von n · 80 kV_{eff} betrieben — wobei n eine positive Zahl ist —, so gilt das für die 80 kV-Leitung erhaltene Feldlinienbild, wenn für die der Äquipotentialfläche zugeschriebenen Werte der n-fache Betrag eingesetzt wird. Ebenso hat das Erdfeld dann die Feldstärke n · 6 kV/m. Wegen der die Messung stark beeinflussenden elektrolytischen Wirkungen

konnten die Versuche nicht mit Gleichstrom durchgeführt werden; vielmehr wurde Wechselstrom von 1000 Per/s und 170 V verwendet.

Die Schaltung (Bild 2) ist nach dem Prinzip der Wheatstone'schen Brücke ausgeführt. Die Maschinenspannung liegt an A und B. Parallel zu B und C liegt der Widerstand der Wanne. Da nach dem Vorhergehenden aber die zwischen B C und C A fließenden Ströme einander gleich sein sollen, so ist das Widerstandsverhältnis der in Wanne und Gefäß gebrachten Flüssigkeiten so gewählt worden, daß der Strom in der Wanne gegenüber dem zwischen A und B fließenden Strom sehr klein und der dadurch entstehende Fehler der zwischen A und B herrschenden ungleichmäßigen Spannungsverteilung vernachlässigbar ist. Ein mit einer isolierenden Hülle überzogener Metallstab (Sonde) mit blanker Spitze Ss taucht in die Wanne und ist über ein Telephon an die Verbindungsleitung zweier Präzisionskurbelwiderstände R_1 und R_2 angeschlossen, die, ihrerseits in Reihe geschaltet, ebenfalls an der Maschinenspannung liegen. Die Sondenspitze ist in einer horizontalen Ebene (senkrecht zu den Leiterachsen) beweglich. Die Entfernung der Sondenspitze vom Wannenboden kann beliebig eingestellt werden. Für jedes Widerstandsverhältnis $R_1 : R_2$ lassen sich mit der Sonde alle Punkte der Ebene bestimmen, für die der Ton im Telephon verschwindet, d. h. die gleiches Potential haben [1]). Es wurden hauptsächlich alle diejenigen Kurven herausgegriffen, die 10 kV Potentialdifferenz gegeneinander haben, um die Konstruktion des Feldlinienbildes zu vereinfachen. Die in der Ebene der aufgenommenen Äquipotentialkurven liegenden Feldlinien sind Orthogonaltrajektorien zu den Äquipotentialkurven. Da sich für jede Ebene, in der die Sondenspitze bewegt wird, kongruente Bilder ergeben, d. h. das Feld paralleleben ist, konnte man sich für jede Einstellung der Momentanwerte der drei Phasen auf eine einzige Aufnahme beschränken. Allerdings gelten die Kurvenbilder nicht für die Umgebung der Maste, da diese Erdpotential besitzen und infolgedessen in deren Nähe in jeder senkrecht zur Leiterachse gelegenen Ebene die Äquipotentialkurven anders

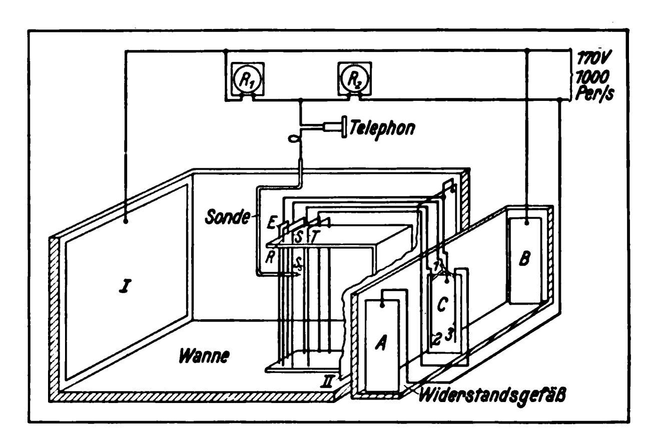


Bild 2. Versuchsanordnung und Schaltbild.

verlaufen. Bei dem kleinen Maßstab der Versuchsanordnung ließ sich jedoch in der Umgebung des Mastes kein Tonminimum feststellen, so daß man darauf beschränkt war, nur dasjenige Gebiet zu untersuchen, in dem das Feld paralleleben ist.

III. Konstruktion und Erläuterung der Feldlinienbilder.

Damit die Einwirkung des Erdseils auf die Ausbildung des elektrischen Feldes klar hervortritt, sind für drei Zeitpunkte, in denen jeweils eine Phase das Potential 0, also Erdpotential, hat, eine Aufnahme mit und eine ohne Erdseile gemacht worden (Bild 4 bis 9). Das Einzeichnen der Feldlinien, die senkrecht zu den aufgenommenen Äquipotentialflächen verlaufen müssen, gestaltet sich bei parallelebenen Feldern besonders einfach. Die Aufgabe besteht darin, den Raum in Elemente gleicher dielektrischer Leitfähigkeit einzuteilen. Zwei parallele Ebenen, die im Abstand von 1 cm senkrecht zu den Leiterachsen gelegt sind, begrenzen einen Teilkondensator, der in eine bestimmte Anzahl von Feldlinienröhren zerfällt. Jeder Röhre kommt ein Teil $\triangle Q$ des Verschiebungsflusses zu, der innerhalb der Röhre seinen Wert nicht ändert. Die Röhre wird von den Äquipotentialflächen in hintereinandergeschaltete Kondensatorelemente geteilt (Bild 10). Nun herrscht zwischen zwei aufeinanderfolgenden Äquipotentialflächen

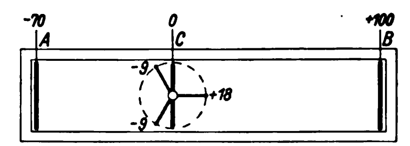


Bild 3. Widerstandsgefäß, von oben gesehen.

[1]) Die Übertragung der Punkte auf das Zeichenblatt geschieht durch einen Pantographen, der im Verhältnis 1 : 2 verkleinert.

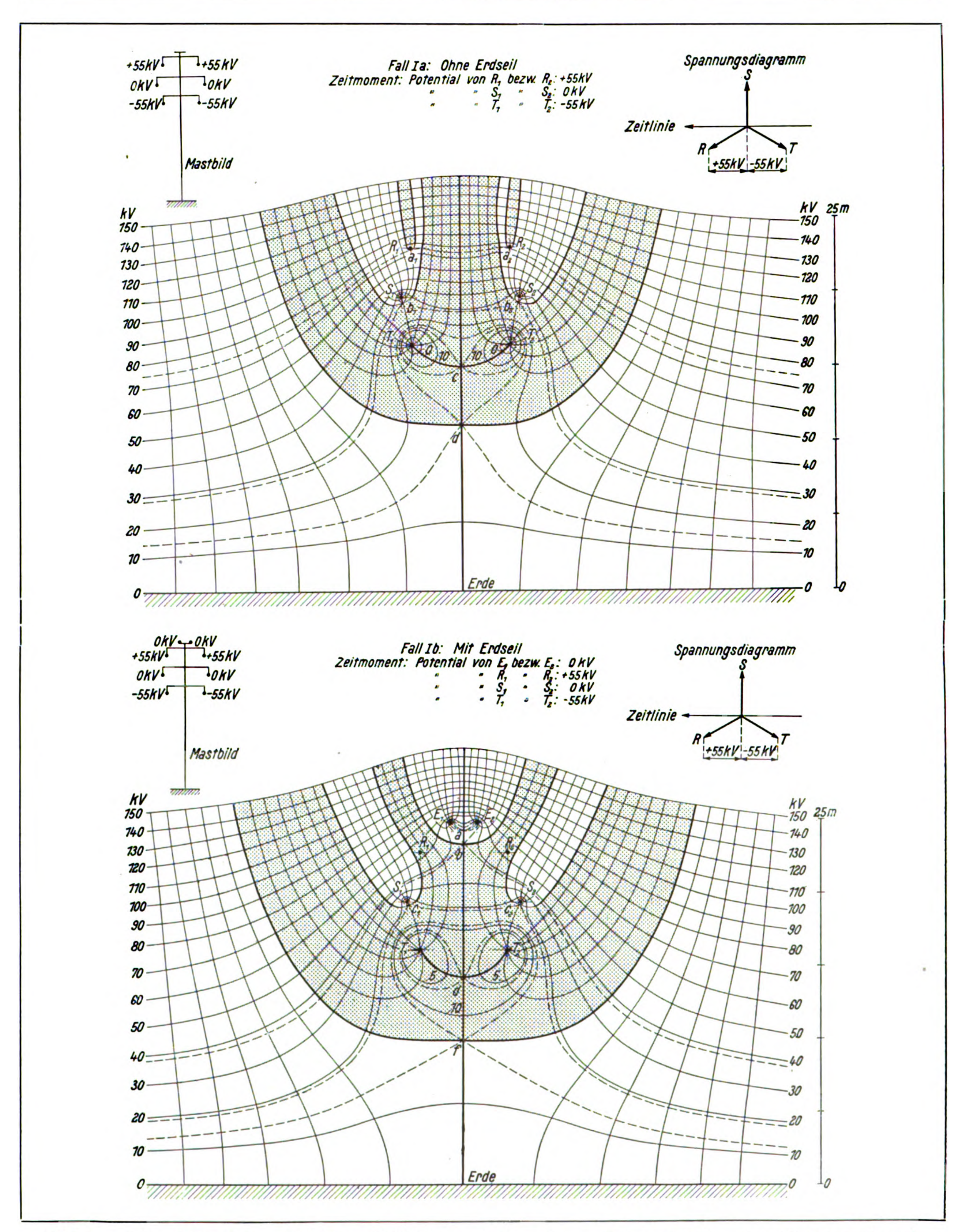


Bild 4 und 5. Verlauf der elektrischen Feldlinien zwischen einer geladenen Wolke, einer Drehstromdoppelleitung und Erde.

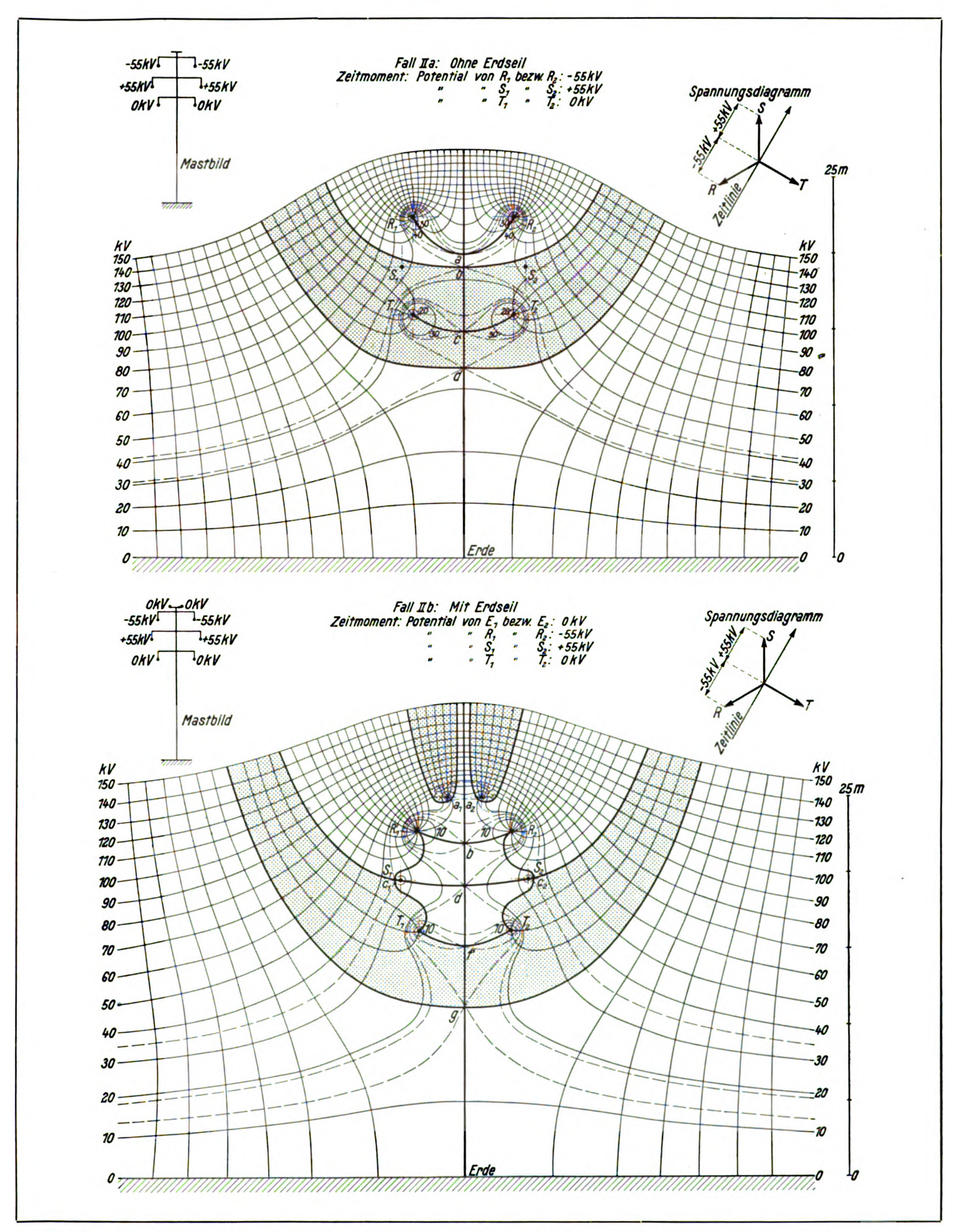


Bild 6 und 7. Verlauf der elektrischen Feldlinien zwischen einer geladenen Wolke, einer Drehstromdoppelleitung und Erde.

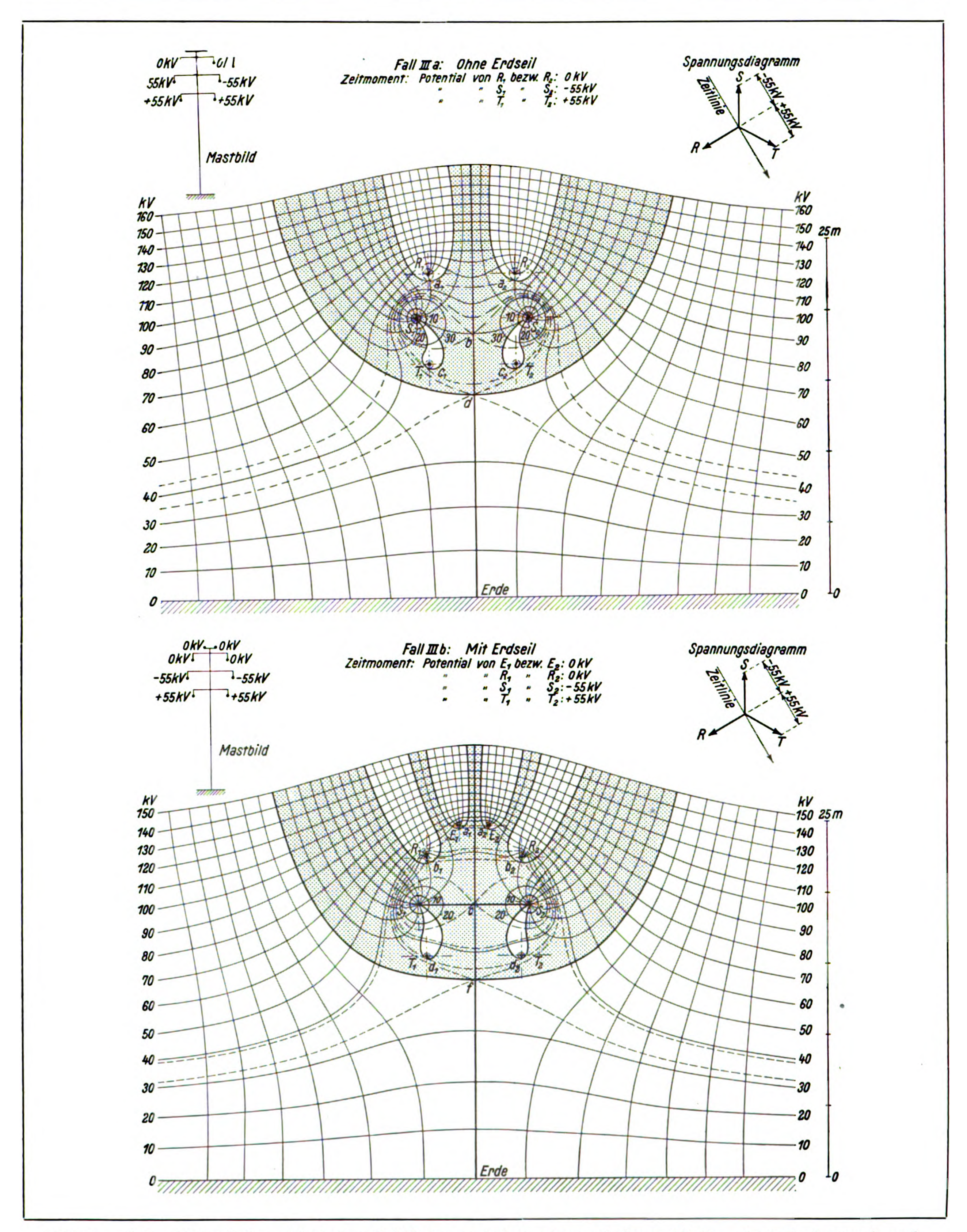


Bild 8 und 9. Verlauf der elektrischen Feldlinien zwischen einer geladenen Wolke, einer Drehstromdoppelleitung und Erde.

immer die gleiche Spannung (10 kV). Das dazwischenliegende Raumelement muß daher für $\triangle Q =$ konstant immer den gleichen Widerstand haben, d. h. das Verhältnis $\frac{\triangle l}{\triangle f} = \frac{\text{Abstand}}{\text{Querschnitt}}$ muß konstant bleiben. An sich kann also das Verhältnis $\triangle l : \triangle f$ eine beliebige Zahl sein, z. B. $= \frac{\triangle l}{m \cdot \triangle f \cdot 1}$. Um aber aus der Anzahl der Feldlinien auf die Feldstärke schließen zu können, muß $m = 1$ gewählt werden. Daher sind die Feldlinien so einzuzeichnen, daß durchweg Quadrate entstehen. Die an der Drahtoberfläche herrschende Feldstärke läßt sich dann, wie folgt, angeben.

Für jedes Raumelement gilt

$$e = \frac{10000}{\triangle l} \text{ V/cm.}$$

Ist ferner je cm Leiterlänge a die Anzahl der auf den Leiter mündenden Feldlinienröhren und u der Drahtumfang in cm, so ist

$$\triangle f = \frac{u}{a} \cdot 1 \text{ cm}^2 \quad \text{und}$$

$$\triangle l = \frac{u}{a} \text{ cm.}$$

Damit wird

$$e = \frac{10000}{\triangle l} = \frac{10000 \cdot a}{u} \text{ V/cm.}$$

Da bei dem Modell die Leiterdurchmesser alle gleich sind, so ist die Anzahl der auf dem Leiter mündenden Feldlinien direkt ein Maß für die Feldstärke an der Leiteroberfläche.

Im folgenden soll noch kurz auf einige kennzeichnende Eigenschaften der Feldlinienbilder hingewiesen werden.

Die sechs Aufnahmen (Bild 4 bis 9), die infolge der zur Mastachse symmetrischen Anordnung der Leiter zu dieser symmetrisch sind, weisen neben den im Abstand von 10 kV glatt durchlaufenden Äquipotentialkurven solche durch Stricheln hervorgehobene auf, die einen oder mehrere Leiter — diese wieder einzeln oder zusammen — umschlingen und sich dabei überschneiden. Es sind dies ihrer Natur nach Doppelpunkts- und Schlingkurven, die entweder in sich geschlossen verlaufen, oder deren beide Zweige sich der Nullinie (Erde) nähern, bis sie dann in größerem Abstand von der Leitung weiterhin parallel zu jener verlaufen. Charakteristisch für alle Schlingkurven ist, daß die im Doppelpunkt an die beiden Zweige gelegten Tangenten einen Winkel miteinander bilden, dessen Größe von der in der Umgebung des Doppelpunktes herrschenden Feldstärke abhängt. Jedoch fallen die beiden Tangenten nie zusammen. Wesentlich ist noch, daß die Feldstärke im Doppelpunkt selbst zu Null wird und dabei die Richtung umkehrt, so daß sie z. B. jenseits des Doppelpunktes nach rechts gerichtet ist, während diesseits von ihm ihr Vektor nach links weist. Hieraus geht hervor, daß die Schlingkurven und die Lage ihrer Doppelpunkte maßgebend sind für den Verlauf der von der Wolke nach den einzelnen Leitern gehenden Feldlinien. Da alle Feldlinien immer nur von einem Punkte höheren nach einem Punkte niedrigeren Potentials streben, kann keine eine Äquipotentialkurve zweimal schneiden; sie müßte ja sonst zwischen den beiden Schnittpunkten gleichen Potentials Stellen höheren oder niedrigeren Potentials passieren. Es grenzt daher jede Feldlinie, die durch einen Doppelpunkt geht, dasjenige Gebiet ab, in dem die Feldlinien auf den von der betreffenden Doppelpunktskurve umschlungenen Leiter münden. Es liegen jedoch bei den sechs oder acht Leiteranordnungen, wie in dem vorliegenden Falle, immer mehrere derartige Feldliniengebiete ineinandergeschachtelt, die durch die stark ausgezogenen, die Grenze bildenden Feldlinien ins Auge fallen. Hat zufällig ein Leiter das Potential, das an der Stelle herrscht, an der er sich befindet, so gehen von ihm, da er auf einer Äquipotentialfläche liegt, so viel Feldlinien auf der einen Seite aus, wie auf der anderen einmünden; er ist also weder Quelle noch Senke (= negative Quelle). Umgekehrt weist jede Schlingkurve auf eine in der Schlinge liegende positive oder negative Quelle hin. An dieser Stelle sei noch die Regel angeführt, die sich bezüglich der re-

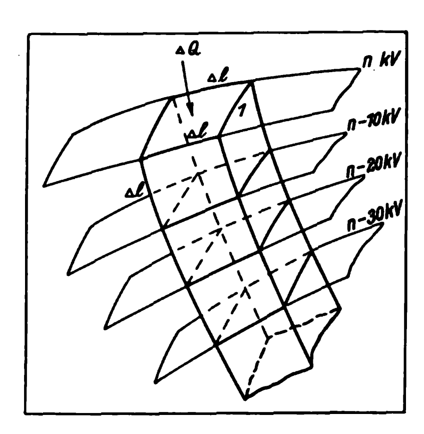


Bild 10. Teil einer Feldlinienröhre.

lativen Lage des Doppelpunktes zum Leiter (Quelle) angeben läßt: vom Leiter des Potentials V aus betrachtet, liegt der Doppelpunkt immer auf der gleichen Seite des Leiters, auf der auch die Äquipotentialkurve des Potentials V verläuft (vgl. die beiden Bilder 11a und 11b).

IV. Der Schutzwert des Erdseils.

Wir haben festgestellt, daß bei gleichen Leiterdurchmessern als Maß für die Feldstärke an der Leiteroberfläche die Anzahl der auf dem betreffenden Leiter mündenden Feldlinien gelten kann. Demnach ergibt sich für den Vergleich der Feldstärken die folgende Tafel[1]):

Fall	Phase	Spannung gegen Erde in kV	Anzahl der Feldlinien beim System ohne Erdseil	Anzahl der Feldlinien beim System mit Erdseil	Schutzwert des Erdseils
I	R	+ 55	1	0	$\frac{17-15\cdot 0{,}87}{17} = 24\%$
	S	0	6	5	
	T	− 55	10	10	
	Erdseil	0	—	7	
II	R	− 55	19	14	$\frac{25-21\cdot 0{,}87}{25} = 27\%$
	S	+ 55	0	2	
	T	0	6	5	
	Erdseil	0	—	6	
III	R	0	7	5	$\frac{21-19\cdot 0{,}87}{21} = 21\%$
	S	− 55	13	13	
	T	+ 55	1	1	
	Erdseil	0	—	5	

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß trotz des Erdseils immer der Leiter am stärksten beansprucht ist, der gerade negatives, also ein der Wolke entgegengesetztes Potential hat. Es münden in jedem Zeitpunkte auf einem der Kraftleiter mehr elektrische Feldlinien als auf dem Erdseil. Diese Tatsache erklärt, weshalb gar nicht selten die Leitungen trotz des Blitzseiles über ihnen vom Blitze getroffen werden. Da die Änderung der Phasenspannungen der Kraftleitung im Vergleich zur Blitzentladung nur langsam erfolgt, so erklärt sich hiernach auch die bekannte Erscheinung, daß der Blitz keine der Leitungen beim Einschlag bevorzugt.

In der letzten Spalte der nebenstehenden Tafel sind die Werte für den in der Einleitung definierten Schutzwert angegeben. Als Mittelwert für den Schutzwert zweier Erdseile ergeben sich etwa 24%. Allerdings gilt dieses nur für die drei untersuchten Zeitpunkte. Um den Wert genau zu erhalten, hätte das zu jedem Momentanwert einer Periode gehörige Feldlinienbild aufgenommen werden müssen. Es ist jedoch mit Sicherheit anzunehmen, daß für keinen Zeitpunkt der Schutzwert von den drei durch die Untersuchung erhaltenen wesentlich abweicht, so daß man bei einem Mastbild nach Bild 1 mit einem durchschnittlichen Schutzwert zweier Erdseile von 25% rechnen kann. Das bedeutet also, daß an den Leitungen durch nahen Blitzschlag immer noch $^3/_4$ der Spannung entsteht, die ohne Erdseil auftreten würde. Diese Verringerung ist im Hinblick auf die recht erheblichen Anlagekosten zweier Erdseile wenig befriedigend.

Wie jedoch eingangs erörtert, kommt den Erdseilen noch eine zweite Aufgabe zu, nämlich, den Erdungswiderstand der Eisenmaste zu verringern zwecks gefahrloser Abführung des Erdschlußstromes im Falle eines Isolationsfehlers. Diesen Zweck erfüllen die Erdseile aber auch, wenn sie unterhalb der Kraftleitungen verlaufen, eine Anordnung, die billiger und betriebssicherer ist als die sonst gebräuchliche, weil man fast in allen Fällen mit nur einem Erdseil und mit Masten für geringeren Spitzenzug auskommt.

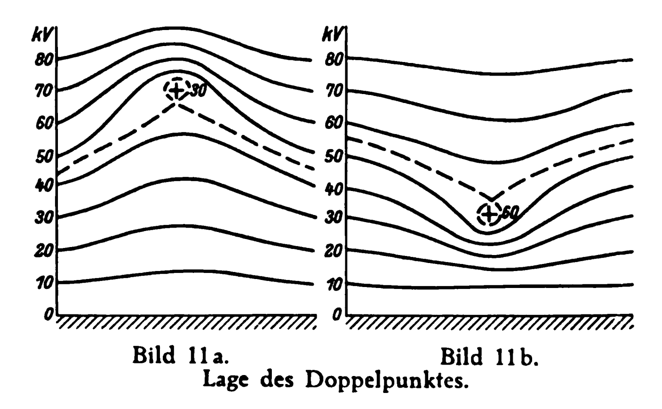


Bild 11a. Bild 11b.
Lage des Doppelpunktes.

[1]) Ist die Leitung nach dem Schema (R S T) (S T R) (T R S) verdrillt, so gilt für jeden Abschnitt ein anderes der für die drei Zeitpunkte aufgenommenen Feldlinienbilder. Die Verdrillung wirkt also wie eine Phasenverschiebung um 120°.

Elektrische Anlagen und Ausrüstungen auf einem neuzeitlichen Motorschiff

Von Oberingenieur C. Meyer in Hamburg.

Nachdem das Motorschiff in der Handelsschiffahrt die bislang vom Dampfschiff gehabte Vorherrschaft zurückgedrängt hat und jetzt im Bau von Motorschiffen eine ungeahnte Höhe erreicht ist, spielt auch die Elektrizität auf Schiffen eine besonders wichtige Rolle, da der bisher auf Dampfschiffen zur Verfügung stehende Dampf für die verschiedenen Hilfsantriebe auf den Motorschiffen meistens fehlt, und hier die Elektrizität an seine Stelle tritt.

Die Vorzüge der Motorschiffe, die bekanntlich in dem geringeren Raumbedarf und der höheren Wirtschaftlichkeit der Motorenanlage und demgemäß in der besseren Ausnutzung des Schiffes liegen, haben den Ausschlag zur Entwicklung dieser Schiffsart gegeben.

Ein besonders bemerkenswertes Beispiel eines Motorschiffes ist das auf der Werft von Blohm & Voß erbaute Doppelschrauben-Fracht- und Fahrgast-Motorschiff „Monte Sarmiento" der H. S. D. G. (Hamburg-Südamerikanische Dampfschiffahrts-Gesellschaft) (Bild 1), das sowohl in bezug auf seine Größe und auf den Hauptmaschinenantrieb, als auch auf die Einrichtung für die Fahrgäste eine bemerkenswerte Durchbildung erfahren hat.

Für den Antrieb des 13628 brutto Reg. t großen Schiffes sind an Hauptmaschinen 4 schnellaufende Viertaktmotoren vorhanden, die zu zweien über ein Zahnrad auf die Schiffsschraube arbeiten, eine Anordnung, die nur Erfolg bringt bei einer wissenschaftlich und technisch gut durchgebildeten Zahnradübertragung.

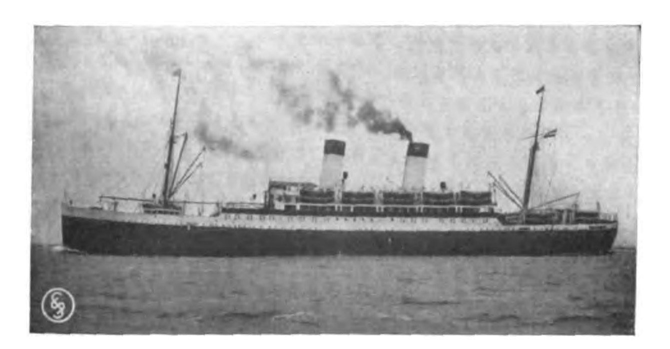


Bild 1. M. S. Monte Sarmiento.

Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit der Motorenanlage wurden während des Baues Abgaskessel eingebaut, die die Wärme der Auspuffgase zur Dampferzeugung ausnutzen. Der Dampf dient außer für Raumheizung, die ursprünglich elektrisch vorgesehen war, auch für Heizzwecke im Wirtschafts- und Wäschereibetrieb.

Auch die Durchbildung der Inneneinrichtung ist neuartig und wohl einzig dastehend. Es ist hier ein Schiff geschaffen, das auch weniger bemittelten Fahrgästen eine den heutigen Ansprüchen an Bequemlichkeit und Gesundheitspflege entsprechende Überfahrtsmöglichkeit bietet. Das Schiff ist ausschließlich zur Beförderung von Fahrgästen 3. Klasse bestimmt, für die in der Unterbringung, Speisung und Aufwartung besondere Vorkehrungen getroffen wurden. Es können im ganzen 2470 Fahrgäste untergebracht werden, die im Gegensatz zu sonstigen Auswandererschiffen im allgemeinen in Kammern zu 2—8 Personen wohnen. Es sind nur 16 größere Kammerabteilungen zu 15—16 Betten vorhanden. Die Kammern sind gediegen aber einfach ausgestattet, da sie hauptsächlich als Schlafgelegenheit gedacht sind. Für den Aufenthalt am Tage stehen die großen Salons zur Verfügung, die sich über 2 Decks erstrecken, sowie geräumige Promenadendecks. Die Ausstattung dieser Salons und Aufenthaltsräume übertrifft die sonst auf Schiffen dieser Art übliche. Bild 2, das den Rauchsalon zeigt, läßt auch die reichhaltige Beleuchtung erkennen.

Für die Verpflegung dieser großen Anzahl Fahrgäste mußte ein besonderer Küchenbetrieb eingerichtet werden, und es ist bemerkenswert, daß er hier im Gegensatz zu anderen Schiffen durchweg elektrisch durchgeführt wird. Sämtliche Herde, Kochkessel, Bratöfen, Kartoffel- und Gemüsedämpfer sowie die Kaffeekocher werden elektrisch beheizt.

Für die Herde allein werden im Betrieb 330 kW benötigt. Hinzu kommen 10 elektrisch beheizte Kochkessel mit etwa 400 kW, Gemüse- und Kartoffeldämpfer mit 100 kW. Wenn man zu dem berücksichtigt, daß außer dieser für den Küchenbetrieb benötigten Energie noch für die



Bild 2. Rauchsalon.

zum Hauptmaschinenbetrieb erforderlichen Hilfsmaschinen, wie Kühlwasserpumpen, Schmierölpumpen, sowie ferner für Lüftung und Beleuchtung eine große Energiemenge benötigt wird, so kann man wohl verstehen, daß gerade auf diesem Schiff für die Stromversorgung eine ungewöhnlich große Anlage benötigt wird. Im ganzen sind an elektrisch betriebenen Hilfsmaschinen etwa 2800 PS Motorleistung eingebaut, für die Beleuchtung dienen 3500 Lampen von 16—100 Kerzen.

Die elektrische Anlage übertrifft die größten bisher auf Handelsschiffen eingebauten Anlagen, wie auf den Ozeanriesen „Imperator", „Vaterland" und „Bismarck". Sie übertrifft diese Anlagen nicht nur in bezug auf Größe, sondern auch auf die Vielseitigkeit der Verwendung. Schon die Größe der Generatoren, die hier mit 450 kW je Stück bemessen ist, zeugt von den gewaltigen Ausmaßen der elektrischen Anlage. Es sind in einem besonderen Hilfsmaschinenraum 5 derartige Generatoren der Siemens-Schuckertwerke eingebaut, die von Sechs-Zylinder-Viertakt-Maschinen der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg angetrieben werden. Bild 3 zeigt die Anordnung der Primäranlage, Bild 4 die eingebauten Generatoren. Diese Generatoren speisen direkt das Leitungsnetz der Kraft- und Heizungsanlage, das zweipolig verlegt ist, und indirekt das einpolig für 110 V verlegte Leitungsnetz für die Beleuchtungsanlage über Umformer, die die Spannung von 220 V auf die Beleuchtungsspannung herabsetzen. Man ist auf Fahrgast-Handelsschiffen bei einer Beleuchtungsspannung von 110 V geblieben, da mit Rücksicht auf die salzhaltige Seeluft und die leichte Erdungsmöglichkeit am Schiffskörper eine höhere Spannung für den Passagier leicht gefährlich werden könnte, während für Kraftanlagen, für deren Wartung fachkundiges Personal vorhanden ist, und die in ihren größeren Einheiten auch leichter gut isoliert durchgebildet werden können, die höhere Spannung von 220 V jetzt die allgemein übliche ist. Die Motoren erhalten aber im Gegensatz zu den elektrischen Motoren in Landanlagen eine besondere Imprägnierung zum Schutz gegen die schädlichen Einflüsse der feuchten Seeluft.

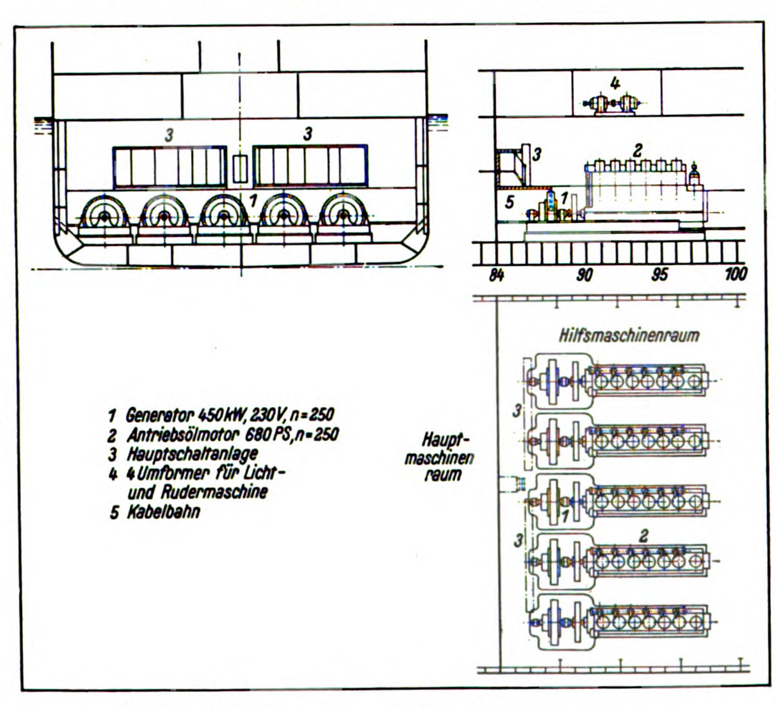


Bild 3. Primärstation auf M. S. Monte Sarmiento.

In der erwähnten Hilfsstation mit den 5 Generatoren ist auch die für die Verteilung der Energie bestimmte Schaltanlage angeordnet, von der der Strom den einzelnen Verbrauchsstellen über die zur Sicherung und Messung erforderlichen Schaltapparate und Instrumente zugeführt wird. Das Prinzip-Schaltschema ist aus Bild 5 ersichtlich. Die Generatoren arbeiten in Parallelschaltung, während bisher auf Schiffen die Wahlschaltung die verbreitetste war. Es sei daher auf die hier gewählte Schaltung näher eingegangen.

Bei der früher üblichen Wahlschaltung werden die Stromverbraucher mittels Wahlschalter auf

die einzelnen Primärmaschinen, die nicht parallel geschaltet werden können, geschaltet. Bei Ausfall einer Primärmaschine werden die an dieser Maschine hängenden Stromkreise stromlos, die an den übrigen Maschinen hängenden Stromkreise bleiben aber unversehrt, so daß nur ein teilweises Versagen der elektrischen Anlage eintritt. Solange nur Beleuchtung bzw. Lüftung elektrisch betrieben waren, war ein teilweises Versagen ohne Bedeutung. Nachdem aber, wie auf „Monte Sarmiento", die Elektrizität immer weitere Verwendung gefunden hat und auch die betriebswichtigsten Anlagen mit ihr betrieben werden, die keine auch nur kurze Unterbrechung der Stromversorgung vertragen — die betreffende Anlage könnte ja gerade an einer gestörten Maschine hängen —, so ist die Parallelschaltung wieder mehr zur Anwendung gekommen, nachdem die patentierte Sicherheitsschaltung System Carl Meyer es ermöglicht, die störenden Nachteile der Parallelschaltung zu beseitigen. Die Parallelschaltung bietet ja in bezug auf übersichtliche Bauart und ökonomische Ausnutzung die größten Vorteile. Sie gestattet das Umschalten der Stromverbraucher von einer Maschine auf die andere ohne die geringste Unterbrechung, kurz, sie bietet Vorteile, die die Einzelschaltung nicht hat. Während nun bei Parallelschaltung Störungen im Netz durch geeignete Unterteilung und Sicherung der Stromkreise örtlich beschränkt werden können, kann bei plötzlichem Ausfall einer Zentralenmaschine aber die ganze Stromversorgung in Frage gestellt werden. Die ausgefallene Maschine nimmt an der Zentralenbelastung nicht mehr teil, die übrigen Maschinen werden überlastet, bleiben stehen oder ihre Automaten bzw. Sicherungen sprechen an, und die Zentrale ist stromlos. Gerade auf

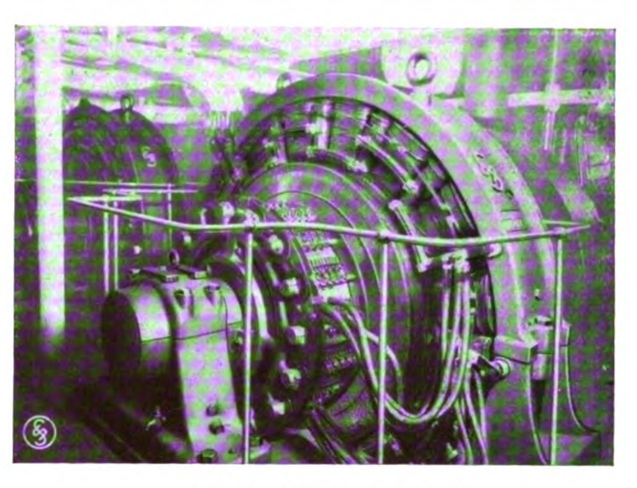


Bild 4. Hauptdynamo.

Motorschiffen, wo alle für den Betrieb der Hauptmaschine dienenden Hilfsmaschinen für Kühlwasser, Schmieröl usw. sowie die für den Schiffsbetrieb wichtige Rudermaschine elektrisch betrieben werden, würde ein auch nur kurzzeitiges Versagen der Stromversorgung schwerwiegende Folgen für die Hauptmaschine und das Schiff haben. Mit dem plötzlichen Ausfall einer Zentralenmaschine muß aber immer gerechnet werden, es kann ein Lager festbrennen, es kann sich Wasser im Treiböl angesammelt

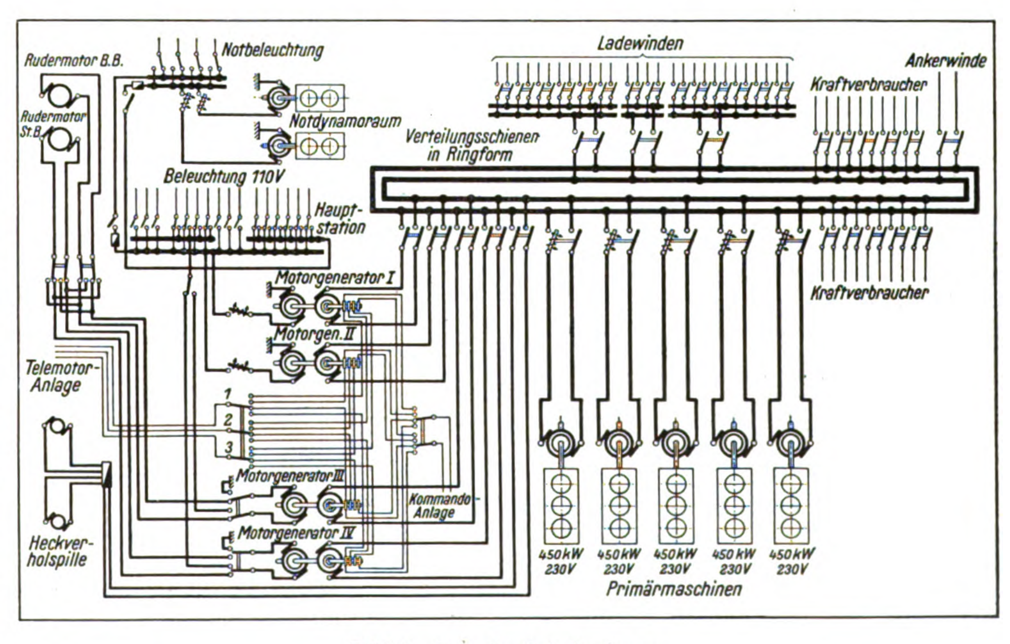


Bild 5. Prinzip-Schaltschema.

haben, es kann die Kühlleitung bei Frost vereist sein usw., daher müßten soviel elektrische Betriebsmaschinen in Betrieb genommen werden,

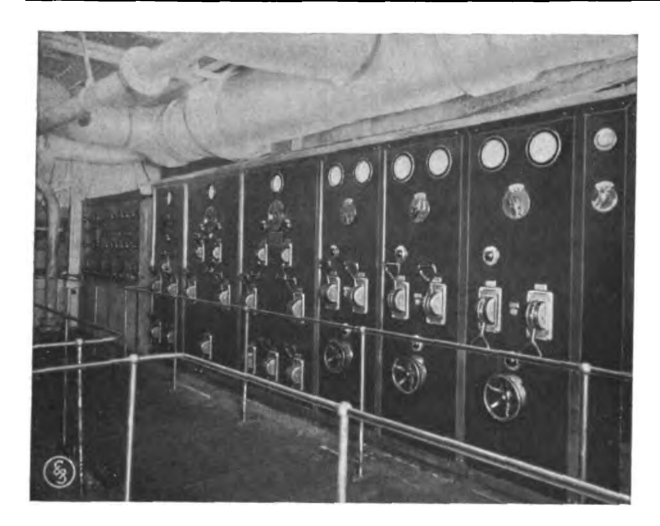


Bild 6. Hauptschalttafel, Teilansicht.

daß bei Ausfall einer Maschine die restlichen die Belastung noch übernehmen können, ohne überlastet zu werden. Man wäre also gezwungen, eine Maschine gleichsam leer zur Reserve mitlaufen zu lassen. Dieses wäre jedoch ein unwirtschaftliches Arbeiten, das eine große und teure Anlage bedingt und im Betrieb sehr kostspielig wäre. Es wird sich mehr empfehlen, für den Fall einer Störung und bis zu ihrer Beseitigung durch Inbetriebsetzung einer Reservemaschine die Belastung der Zentrale etwas einzuschränken, z. B. durch Verminderung der Lüftung, der Heizung usw., was ohne Schaden auch einige Zeit erfolgen könnte. Dieses Abschalten müßte selbsttätig erfolgen, da eine ständige Schalttafelwache nicht vorhanden ist und auch diese schwerlich ein genügend rasches Abschalten bei plötzlichen Betriebsstörungen bewerkstelligen kann. Eine zu gespannte Aufmerksamkeit würde auf die Dauer ermüdend wirken.

Die Sicherheitsschaltung, wie sie auch auf „Monte Sarmiento" zur Anwendung gelangte, bewirkt nun selbsttätig bei Ausfall einer Primärmaschine ein Abschalten einer wählbaren Anzahl von Stromverbrauchern, so daß entsprechend der geringeren Zentralenbelastung auch nur eine geringere Strommenge entnommen wird; eine Überlastung der Maschinen wird somit vermieden. Abgeschaltet werden die minder wichtigen Verbraucher, so daß die Stromversorgung der betriebswichtigen Verbraucher in weitestgehendem Maße sichergestellt ist. (Näheres über die Sicherheitsschaltung siehe Siemens-Zeitschrift Heft 10, Oktober 1924.)

Die Zentralenmaschinen können also stets mit voller Belastung gefahren werden, ohne daß man befürchten muß, daß bei Ausfall einer Maschine die restlichen Maschinen überlastet werden und ebenfalls versagen. Die Sicherheitsschaltung hat sich hier, ebenso wie die elektrische Gesamtanlage überhaupt, in jeder Weise bewährt.

Für die Beleuchtungsanlage sind in der Nähe des Hilfsmaschinenraumes 4 Umformer angeordnet, von denen 2 für die Speisung der Ruderanlage und 2 nur für die Speisung der Lichtanlage geschaltet werden können. Durch Umschalten können auch die Rudermaschinen-Umformer zu Beleuchtungszwecken herangezogen werden. Bemerkenswert ist bei diesen von den SSW gelieferten Motorgeneratoren, daß sie motorseitig 4 Schleifringe haben, von denen Drehstrom und Einphasenstrom abgenommen wird. Der Drehstrom dient zum Betrieb der für die Ruderanlage vorhandenen Rückdreheinrichtung, die hier die Stelle des sonst üblichen hydraulischen Telemotors ersetzt. Der Einphasenstrom dient zum Betrieb der elektrischen, von Siemens & Halske gelieferten Telegrapheneinrichtung.

Außer der erwähnten Hauptstation ist noch eine Notstation vorhanden, die im Falle einer Überflutung der Hauptstation der Beleuchtungsanlage den für die Aufrechterhaltung eines eingeschränkten Betriebes erforderlichen Strom liefert. Die Lampen der Notbeleuchtung werden ohne Einzelschalter angeschlossen, so daß im Notfalle das Brennen dieser Lampen sichergestellt ist.

Die Notstation besteht aus 2 Öldynamos von je 12,5 kW bei 115 V Klemmenspannung und befindet sich in einer überflutungssicher gelegenen Station auf dem C-Deck.

Die Hauptschalttafel, von der Bild 6 eine Teilansicht zeigt, ist in unmittelbarer Nähe der Dynamos angeordnet und gestattet eine gute Übersicht über das Arbeiten und die Belastung der Generatoren. Auf der Haupt-Schalttafel befinden sich die Maximal- und Rückstrom-Selbstschalter, sowie die sonstigen Schalt- und Sicherheitsapparate, Präzisionsstrom- und Spannungsmesser und Signallampen, die die im Betrieb befindlichen Maschinen kontrollieren lassen. Die Tafel ist aus Eisenblech hergestellt. Automaten und Schalter befinden sich auf der Rückseite und werden von der Vorderseite aus betätigt.

Es ergibt dies eine übersichtliche Anordnung und gefahrlose Bedienung.

Zur Verteilung des Stromes auf die verschiedenen Verbrauchergruppen dient ein ausgedehntes Leitungsnetz, das, wie oben erwähnt, für Kraft und Heizung zweipolig für 220 V und für Beleuchtung einpolig für 110 V Gleichstrom verlegt ist. In der Beleuchtungsanlage dient der eiserne Schiffskörper, wie allgemein üblich, als Rückleitung. Durch diese einpolige Verlegungsart ist eine, besonders in den Kammern wünschenswerte, einfache Leitungsführung möglich, auch werden die Schalter und Sicherungen klein und handlich.

Als Leitungen sind durchweg die vom Handelsschiff-Normen-Ausschuß genormten Gummibleikabel verlegt, lediglich in Fahrgastkammern und sonstigen trockenen Räumen die ebenfalls genormte Gummiaderleitung. Die Kabel und Leitungen haben eine besonders gute Gummiisolation. Die Kabel sind durch einen Bleimantel und eine Eisenbandarmierung gegen mechanische Beschädigung, wie sie im Schiffsbetriebe, z. B. beim Einnehmen von Ladung, leicht vorkommen kann, geschützt. Kabel mit Papierisolation, wie bei Landanlagen, ist auf deutschen Schiffen nicht üblich und wird nicht gern benutzt, da das Anbringen der Abzweige bei Papierisolation Schwierigkeiten macht.

Die elektrischen Kraft- und Beleuchtungsanlagen werden von der Hauptschalttafel aus durch Strangleitungen und an geeigneten Stellen untergebrachte Verteilungstafeln versorgt, die in der Nähe der Hauptverbrauchsgruppen im Schiff untergebracht sind.

Das Lichtnetz ist nach Dauerbeleuchtung und Notbeleuchtung unterteilt.

Für die Verteilung der Lichtanlage dienen die vom H. N. A. genormten Verteilungstafeln, auf denen Schalter, Sicherungen und Bezeichnungsschilder übersichtlich und leicht zugänglich angeordnet sind. Bild 7 zeigt eine derartige Tafel, wie sie auf der Brücke untergebracht ist. Für den Einbau des umfangreichen Leitungsnetzes wurden bereits im Entwurf die Kabelwege festgelegt, wobei auf die noch einzubauenden Rohrleitungen, Luftkanäle und Gestänge aller Art Rücksicht genommen werden mußte.

Die Kabel sind durch wasserdichte Schotte mittels Stopfbuchsen geführt, durch nicht wasserdichte Schotte unter Verwendung einfacher

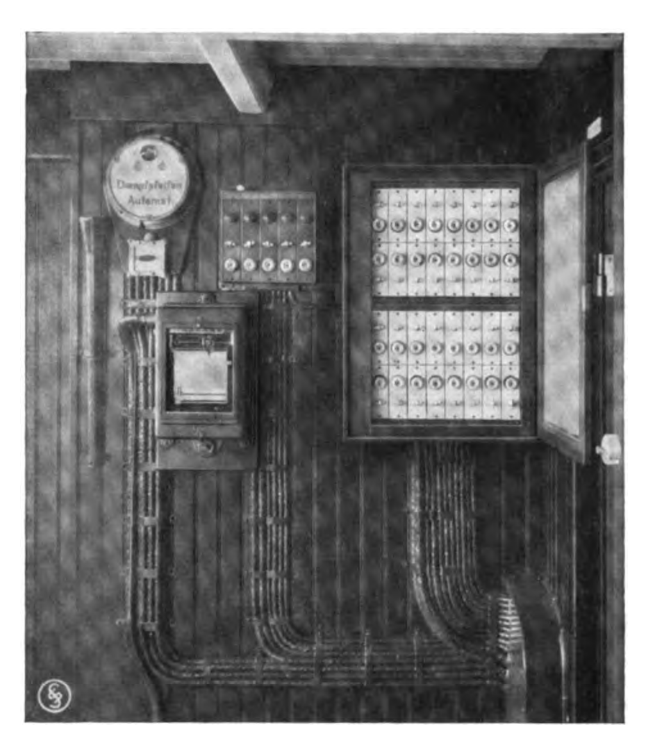


Bild 7. Verteilungstafel nach H. N. A.

Führungsbuchsen. Für die Durchführung durch Decks wurden Deckdurchführungen genommen. Für die Befestigung der Kabel dienen verzinkte Eisenschellen, die mit Messingschrauben befestigt sind. Alle Abzweige der Kabel sind in wasserdichten Abzweigdosen bzw. Kästen hergestellt. Lötstellen sind als unzulässig durchaus vermieden.

Die Gummiaderleitungen sind, wie auf Schiffen üblich, in Holzleisten verlegt, die gegen Brandgefahr durch einen doppelten inneren Anstrich mit Feuerschutzfarbe gesichert sind.

Die Kraftanlage enthält folgende Verbraucher, die mit Strom versorgt werden:

- 34 Lüfter,
- 18 Pumpenantriebe für Hauptmaschinen,
- 2 Kompressoren,
- 4 Maschinendrehvorrichtungen,
- 3 Aufladegebläse für Hauptmotoren,
- 2 Rudermaschinen mit Motorgeneratoren,
- 1 Ankerspill,
- 2 Heckverholspille,
- 13 Ladewinden,
- 5 andere Winden,
- 2 Aufzüge,
- 10 Motoren für Kühlräume,
- 23 Motoren für Wirtschaftsmaschinen, Werkstatt, Wäscherei usw.

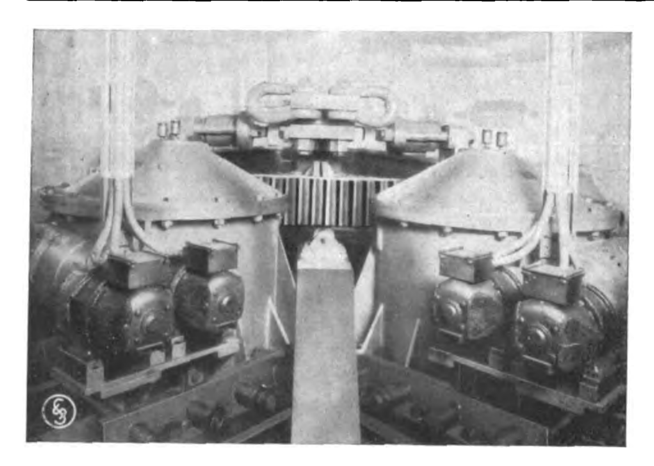


Bild 8. Rudermaschine.

Insgesamt sind an elektrischen Hilfsmaschinen etwa 2800 PS Motorleistung eingebaut.

Im einzelnen sei über die als Hauptverbraucher in Betracht kommenden motorischen Anlagen folgendes bemerkt; über den Verbrauch für Küchenheizung wurden oben bereits Angaben gemacht.

Zunächst ist eine umfangreiche Lüftung mit insgesamt 360 PS vorhanden. Man muß sich wundern, daß bei einem Schiff, das in frischer Seeluft fährt, ein so erheblicher Kraftbedarf nötig ist; doch ist zu bedenken, daß bei diesen großen Fahrgastschiffen es nicht möglich ist, überallhin natürliche Lüftung zu bringen. Da die Lüfter über das ganze Schiff verteilt sind, so würde das An- und Abstellen mit Umständen verknüpft sein, falls die Anlasser in der Nähe der Lüftermotoren angebracht wären. Es hätte der Bordelektriker allein mit dem An- und Abstellen entsprechend den jeweiligen Bedürfnissen der Fahrgäste viel zu tun. Es ist hier eine zentralisierte Anlaßtafel im Hilfsmaschinenraum angeordnet.

Die Motoren erhalten angebaute Fernanlasser, die mittels eines Schalters von der Anlaßtafel angelassen werden können. Kontrollampen zeigen die im Betrieb befindlichen Lüfter an. Auf der Anlaßtafel sind auch noch die Feldregler für die Lüftermotoren angeordnet, so daß es möglich ist, entsprechend der jeweiligen Jahreszeit und entsprechend der jeweiligen Belastung der Zentrale die Lüfter stark oder schwach laufen zu lassen.

Für den Hauptmaschinenbetrieb erhalten die zugehörigen Hilfsmaschinen bemerkenswert große Antriebsmotoren. Gerade die Hauptmotoren selbst bedürfen zu ihrem sicheren Betrieb und zu ihrer möglichst wirtschaftlichen Ausnutzung vieler und großer Hilfsmaschinen. Zunächst zu erwähnen sind die Aufladegebläse für die Hauptmotoren, ferner kommen die Schmieröl- und Kühlwasserpumpen in Frage. Zur Kennzeichnung der Größenordnung sei bemerkt, daß die drei Aufladegebläse, von denen eins als Reserve dient, zusammen über 300 kW verbrauchen.

Ebenso wichtig wie die Hilfsmaschinen für den Hauptmaschinenbetrieb sind diejenigen für den Schiffsbetrieb, wie Rudermaschine, Spille, Ladewinden und sonstige Deckshilfsmaschinen, die sämtlich elektrisch angetrieben werden.

Auf dem Motorschiff „Monte Sarmiento" sind zwei elektrische Ruderanlagen der Atlaswerke mit elektrischer Ausrüstung der Siemens-Schuckertwerke eingebaut, von denen eine als Reserve dient. Bild 8 zeigt die Anordnung der Rudermaschine im Ruderraum. Jede Anlage ist nach der Leonardschaltung ausgeführt und besteht aus dem Rudermotor, dem Leonardsatz mit zugehörigem Steuerschalter und der elektrischen Telemotoranlage. Die gewählte Rudermaschine wird durch Einrücken des Triebwerks mit dem Ruderquadranten in Eingriff gebracht. Bei Ausfall des Leonardsatzes kann ohne weiteres der der Reserveanlage an die Übertragungsleitung nach dem Rudermotor gelegt werden. Der Rudermotor wird durch Veränderung und Umkehrung des Erregerstromes vom Generator des Leonardsatzes mit Hilfe des Steuerschalters gesteuert. Der Steuerschalter ist in der Nähe der Brücke untergebracht und wird über ein Differentialgetriebe von der Handradsäule im Steuerhaus aus gedreht. Die Rückdrehung des Steuerschalters in die Nullage und die damit bewirkte Abschaltung des Rudermotors nach jeder Ruderbewegung wird durch die elektrische Telemotoranlage, eine patentierte Synchronfernübertragung erreicht. Bild 9 zeigt die Anlage für die Rudermaschinenbetätigung mit zugehöriger Rückdrehvorrichtung. Die Bedienung der Ruderanlage vom Steuerrad aus erfolgt in der für Dampfruder bisher allgemein üblichen Weise, wonach die Rudermaschine so lange läuft, als das Steuerrad auf der Brücke gedreht wird. Die hier verwendete elektrische Telemotoranlage (D. R. P.) beruht auf der Wechselwirkung zwischen einem Drehfeld und einem mit Sonderschaltung erzeugten Einphasenfeld. Die Einstellung des Empfängers ist eindeutig und sicher, je nach Stellung des Gebers,

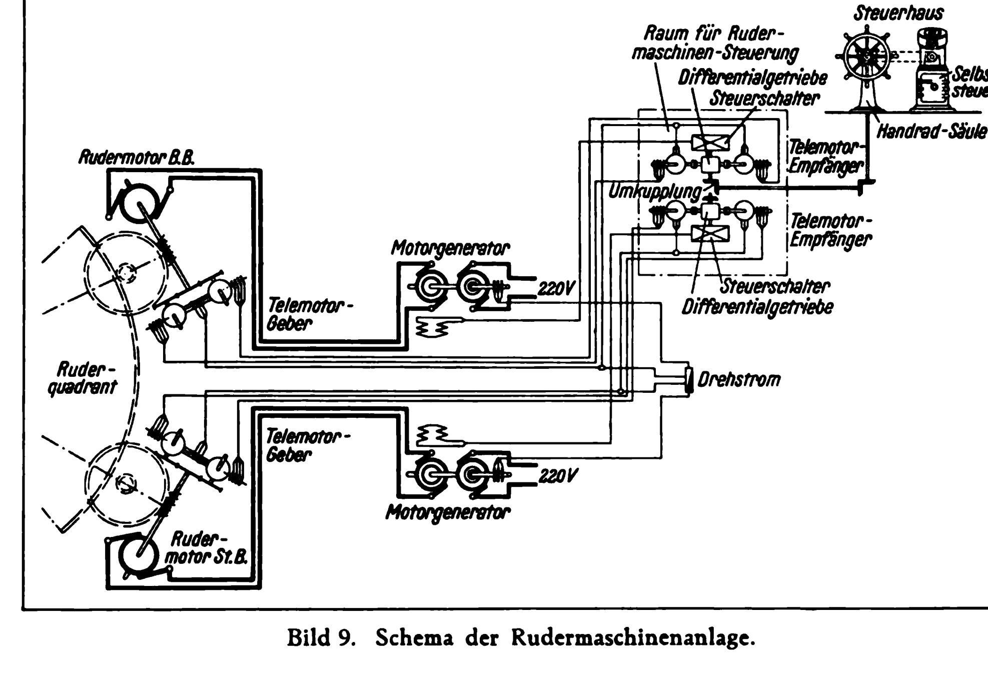


Bild 9. Schema der Rudermaschinenanlage.

also des Rudermotors. Irgendeine Lose, wie sie bei hydraulischen Telemotoranlagen möglich ist, kann hier nicht auftreten.

Das Ankerspill und das Heckspill sind elektrisch betrieben. Sie erfordern große Antriebsmotoren, doch sind sie nur in seltenen Fällen im Gebrauch und haben auf die Größenbemessung der Zentralen keinen ausschlaggebenden Einfluß. Für die Sicherheit des Schiffes sind sie aber von besonderer Bedeutung. Die wasserdichte Ausbildung des den überkommenden Seen ausgesetzten Motors für das Ankerspill bedarf der reichen Erfahrung einer erstklassigen Elektrizitätsfirma, da ein Versagen dieser Anlage für das Schiff verhängnisvoll sein könnte. Die Bearbeitung des Ankergeschirrs mit seinen beiden 6 t-Ankern und der 75 mm-Stegketten erfordert, wie bereits erwähnt, eine große Antriebskraft, die andererseits aber auch begrenzt werden muß, damit beim Ankerlosbrechen die Ankerkette bzw. das Ankergeschirr nicht übermäßig beansprucht wird. Für die Sicherung der Kette gegen derartige Beanspruchungen ist ein Maximalschütz vorgesehen, das die Zugkraft in den für die Kette zulässigen Grenzen hält. Bild 10 zeigt die Ankerwinde mit dem SSW-Antriebsmotor, der hier in günstiger Weise hoch angeordnet ist. Beim Heckspill gelten ähnliche Gesichtspunkte, doch ist diese Anlage wegen der geschützten Lage der Motoren und der geringeren Zugkraft weniger der Überbeanspruchung ausgesetzt.

Die Heckverholspillanlage besteht aus je einem Spill an BB. und an StB., die durch Schnecken- und Stirnradgetriebe mittels zweier Elektromotoren von je 70 PS Leistung bei 720 minutlichen Umdrehungen angetrieben werden.

Die beiden Spille mit Schneckenbetrieb sind unter dem Bootsdeck frei an Deck aufgestellt, die ganze übrige Heckspillanlage ist im Raum für die Ruderanlage untergebracht.

Die Motoren haben Compoundwicklung und Wendepole, sind wasserdicht gekapselt und auf Deck montiert. Steuerschalter, Widerstand und Maximalschütze sind unter Deck aufgestellt.

Die Schaltung ist aus dem Schema Bild 11 ersichtlich.

Für die Bearbeitung der Ladung dient eine leistungsfähige elektrische Windenausrüstung. Die Winden, von denen im ganzen 13 Stück vorhanden sind, haben eine Leistungsfähigkeit von 3 bzw. 5 t. Mit Rücksicht auf den Platzbedarf ist hier Kontrollersteuerung gewählt worden, bei welcher der Kontroller mit dem Anlaßwiderstand am Motor angeordnet ist. Die Schaltung

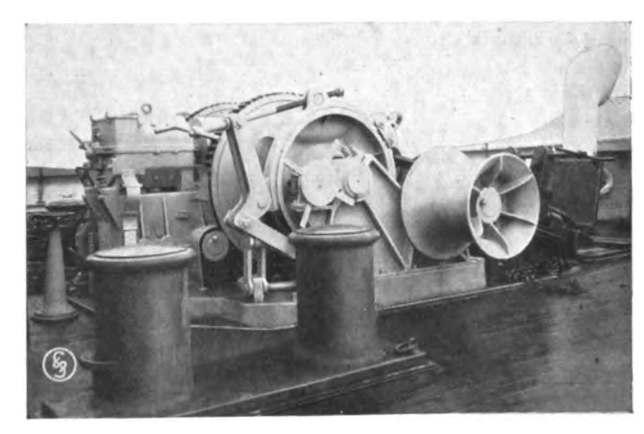


Bild 10. Ankerwinde.

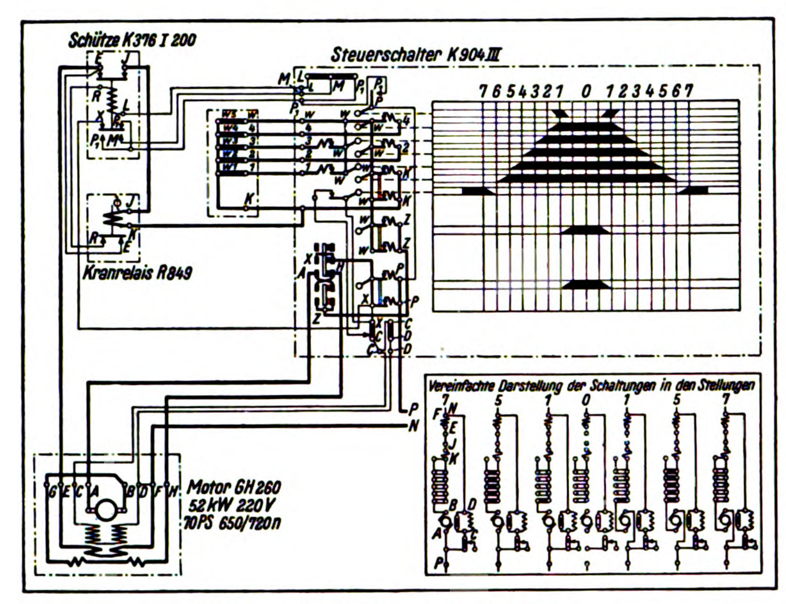


Bild 11. Schaltschema des Heckspills.

der Winden ist derart, daß beim Senken der Last eine Stromrückgewinnung eintritt, so daß im normalen Lösch- und Ladebetriebe die Belastung der Zentrale nur gering ist.

Mit Rücksicht auf die große Anzahl von Fahrgästen ist eine leistungsfähige Transportanlage zur Förderung des Proviants aus den Lagerräumen zur Küche vorgesehen, und zwar dienen hierfür zwei Aufzüge von 1000 bzw. 250 kg Tragfähigkeit.

Zur Frischerhaltung des Proviants dienen drei große Kühlanlagen von je 100000 Kalorien Leistungsfähigkeit. Die Kompressoren, Pumpen

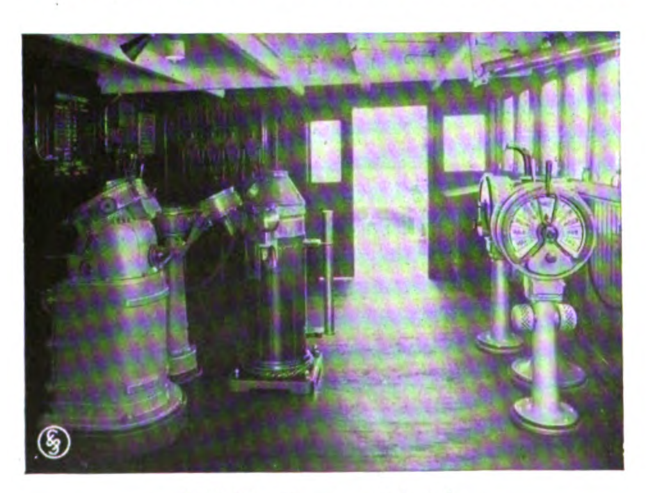


Bild 12. Kommandobrücke.

und Lüfter werden elektrisch angetrieben. Die Maschinenanlage ist im Hilfsmaschinenraum mit untergebracht.

Für die Wirtschaftseinrichtung sind Passiermaschinen und Fleischwölfe, Kartoffelschälmaschinen, Kaffeemühlen, Geschirrspülmaschinen, Teigknetmaschinen, Schneeschlag- und Eiszerkleinerungsmaschinen elektrisch angetrieben. Ferner wird auch die Waschmaschine und die Plättmangel elektrisch betätigt.

Die Elektrizität hat ferner eine reiche Verwendung gefunden für die Signal- und Kommandoanlagen. Bild 12 zeigt die Einrichtung der Kommandobrücke.

Mit Rücksicht auf die große Zahl der Fahrgäste ist für die Sicherheit alles getan, was auf einem heutigen Schiff in dieser Hinsicht gefordert werden kann.

Es sind hier zu erwähnen:

- Eine neuzeitliche Funkspruchanlage, System Telefunken, Type 1,5 TK für 800 km Reichweite, für Sendewellen von 300, 450, 600 bis 800 m Wellenlänge und für einen kontinuierlichen Empfang von Wellen bis 24000 m,
- eine Unterwasserschallempfangsanlage,
- eine Kreiselkompaßanlage der Firma Anschütz, bestehend aus einem Mutter- und vier Tochterkompassen,
- das bereits erwähnte Selbststeuer in Verbindung mit der Ruderanlage,
- eine umfangreiche Telegraphenanlage für den Maschinen-, Deck- und Ankerbetrieb,
- eine Rudertelegraphen- und Ruderzeigeranlage,
- eine Umdrehungsfernzeigeranlage,
- eine Druckknopffeuermeldeanlage,
- Fernthermometer für die Kühlräume,
- Pyrometer für die Ölmotoren und Abgaskessel,
- eine elektrische Uhrenanlage,
- Fernsprechanlagen,
- Nachtrettungsboje,
- verschiedene Alarmanlagen und
- elektrische Auslösung der Dampfpfeife und des Typhons.

Erst die weitestgehende Verwendung der Elektrizität in dem vielseitigen Betriebe eines neuzeitlichen Motorschiffes ergibt eine sichere, wirtschaftliche und nach jeder Richtung ideale Ausnutzung der Betriebseinrichtungen, und gerade das Motorschiff „Monte Sarmiento“ zeigt

wohl am besten, welche Verwendungsmöglichkeiten für die Elektrizität an Bord vorhanden sind.

Der Hamburg-Südamerikanischen Dampfschiffahrts-Gesellschaft gebührt besonderer Dank, hier für die Bequemlichkeit der Fahrgäste und die Sicherheit des Schiffes die besten Einrichtungen geschaffen zu haben und insbesondere auch der Elektrotechnik neue und große Aufgaben gestellt zu haben, denen sich diese auch voll gewachsen gezeigt hat.

Siemens & Halske und das Eisenbahnwesen

Mitgeteilt von der Literarischen Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Von den ersten Erzeugnissen, die aus der Werkstatt der im Jahre 1847 gegründeten Firma Siemens & Halske hervorgingen, wurden der Zeigertelegraph und die Streckenläutewerke im Eisenbahnbetrieb bald in großem Umfange eingeführt. Von jener Zeit an bis zum heutigen Tage sind die Beziehungen der Firma zur Eisenbahn immer recht eng gewesen. Und durch diese dauernde Verbindung mit der Praxis waren Siemens & Halske immer in der Lage, alle erforderlichen Fernmeldeeinrichtungen in einer Vollendung zu bauen, auf der nicht zuletzt die Pünktlichkeit und Sicherheit des deutschen Eisenbahnbetriebes beruhen. So entstand bereits in den fünfziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts das Eisenbahn-Morsewerk für Ruhestrombetrieb, das im Jahre 1870 zum Normaltyp erhoben wurde. Es hat den Anforderungen des Betriebes so gut entsprochen, daß es noch heute auf den Reichsbahnen fast ausschließlich benutzt wird.

Das Jahr 1870 ist aber noch durch eine andere Tatsache besonders bemerkenswert. In ihm führten Werner Siemens und K. Frischen den Vertretern der hauptsächlichsten norddeutschen Eisenbahngesellschaften das von ihnen ausgearbeitete elektrische Blocksystem vor, das bis zum Februar 1871 so weit durchgebildet war, daß seine Einführung beschlossen wurde.

Je mehr sich das Eisenbahnwesen und gleichzeitig die Elektrotechnik entwickelten, um so mannigfacher wurden die Apparate und Einrichtungen, die Siemens & Halske für den Eisenbahnbetrieb bauten. Wenn es der in der Münchener Verkehrsausstellung zur Verfügung stehende Raum auch nicht zuließ, einen vollständigen Überblick über das ganze von Siemens & Halske gepflegte Spezialgebiet zu geben, so erhält man durch die in der Halle 4 ausgestellten Erzeugnisse doch eine Vorstellung davon, welche Bedeutung sie für den Eisenbahnbetrieb haben, auch abgesehen von den elektrischen Blockwerks- und Stellwerkseinrichtungen.

Beginnen wir mit dem Nachrichtendienst auf einem Verschiebebahnhof. Hier werden die Züge zusammengestellt; um das zu erleichtern, erhält der Stellwerkswärter durch einen Gleismelder (Bild 1) bestimmte Angaben, wie er die Weichen zu stellen hat. Ausgestellt ist ein für Betrieb mit Wechselstrom ausgerüsteter Gleismelder, der sich besonders durch einfache Bauart auszeichnet.

Vor der Abfahrt eines Zuges haben Telegraph und Fernsprecher gearbeitet und ihm den Weg frei gemacht. Das Fernsprechwesen hat sich bei den Eisenbahnen in besonderer, der Eigenart des Betriebes angepaßter Weise entwickelt. Viel verwendet werden Fernsprecher mit Induktoranruf und Ortsbatteriebetrieb (Bild 2). Um bei den großen Entfernungen an Kosten für Leitungsanlagen zu sparen, ist es üblich, sämtliche Sprechstellen einer Strecke an eine gemeinsame Leitung anzuschließen. Bei lebhaftem Verkehr hat dies Verfahren den Nachteil, daß alle an der Strecke liegenden Sprechstellen das Rufzeichen mit anhören müssen, wenn eine Stelle



Bild 1. Elektrischer Gleismelder beim Verschiebedienst.



Bild 2. Fernsprechstation mit Induktoranruf.

angerufen wird. Bei dem **Linienfernsprecher für Einzelanruf** (Bild 3) ist es nun möglich, jede beliebige Sprechstelle einzeln anzurufen, ohne daß die unbeteiligten Stellen von dem Anruf etwas hören. Man kann aber auch sämtliche Sprechstellen der Streckenleitung zugleich anrufen, wenn die zu gebende Mitteilung es erfordert.

In den Verwaltungsgebäuden der Eisenbahn bedient man sich heute immer mehr der automatischen Fernsprechanlagen, die den Bedürfnissen des Eisenbahndienstes in besonderer Weise angepaßt sind. Ausgestellt ist ein schnurloser Vermittlungsschrank mit drei Arbeitsplätzen für Eisenbahn-Fernsprechzentralen. Der Schrank steht in Verbindung mit einer großautomatischen Zentrale nach dem sogenannten Eisenbahnsystem, einer anderen Großautomatenanlage, die mit einer Betriebsspannung von 24 V arbeitet, und einer Kleinautomaten-Zentrale. Die Anlagen werden im Betrieb vorgeführt.



Bild 3. Linienfernsprecher für Einzelanruf.

Fernsprechleitungen an Bahnen, die mit hochgespanntem Wechselstrom betrieben werden, bedürfen eines besonderen **Schutzes gegen die Einwirkungen der Hochspannung** auf die Schwachstromleitung. In den Fällen, wo diese nicht als Kabel verlegt ist, ist ein geeignetes Schutzsystem sehr erwünscht. Ein solches im Betrieb von Überlandkraftwerken bereits vielfach bewährtes System ist von Siemens & Halske durchgebildet worden. Bei ihm lassen sich die Fernsprechleitungen an dem Gestänge der Hochspannungsleitungen anbringen. Die Ausstellung zeigt zwei Masten mit Hochspannungs- und Fernsprechleitungen. Ein Kasten an dem einen Mast enthält die Einrichtungen, die es ermöglichen, die Fernsprechleitung als gewöhnliche Niederspannungsleitung weiter durch Ortschaften hindurchzuführen. Der Kasten am anderen Mast dient als Anschlußstelle für einen tragbaren Fernsprecher (Bild 4).



Bild 4. Hochspannungsmast mit Anschluß für tragbare Fernsprecher.

Den Reisenden auf den Bahnsteigen und in den Wartesälen können durch **elektrische Zugabrufer** Mitteilungen über die Art und Richtung der abfahrenden Züge gemacht werden. Ausgestellt ist ein Zugabrufer für Bahnsteige (Bild 5) mit dem dazugehörigen Geber (Bild 6). In der Regel befindet sich der Geber im Befehlsstellwerk. Die Einrichtung bietet den Vorteil, daß auch bei Verkehrsstörungen und plötzlich geänderter Zugfolge die Reisenden zuverlässige Angaben über die Fahrtziele der aufeinander folgenden Züge erhalten.



Bild 5. Fahrtrichtungsanzeiger auf dem Bahnsteig.

Auch den Reisenden im Zuge kann man auf elektrischem Wege Mitteilungen über die kommenden Haltestellen zukommen lassen. Das ist besonders für Untergrundbahnen wichtig, wo eine Orientierung sehr erschwert ist. Auf einem



Bild 6. Geber eines Fahrtrichtungsanzeigers im Stellwerk.

transparenten Streckenplan sind die Strecken des Bahnnetzes angegeben. Nach der Ausfahrt aus einer Haltestelle gibt ein leuchtender Pfeil die Fahrtrichtung des Zuges an, und durch eine leuchtende Lampe wird die nächste Haltestelle gekennzeichnet.

Die Fahrt eines Zuges wird durch elektrische Einrichtungen überwacht. Damit z. B. auf Gefäll- und sonstigen Gefahrstrecken die vorgeschriebene Geschwindigkeit nicht überschritten wird, stellt man auf dem nächsten Bahnhof einen Registrierapparat auf, der aufzeichnet, wie viel Zeit der Zug zum Durchfahren einer durch Schienenstromschließer eingegrenzten Kontrollstrecke gebraucht hat. Besondere Gefahrstellen sind im Zuge der Strecke liegende bewegliche Brücken. Damit die zuständige Signalstelle über die Stellung der Brücke zuverlässig unterrichtet wird, ordnet man selbsttätige Meldeeinrichtungen an, die dem Beamten die jeweilige Brückenstellung zeigen. Ausgestellt ist die Meldeeinrichtung für eine Drehbrücke (Bild 7).

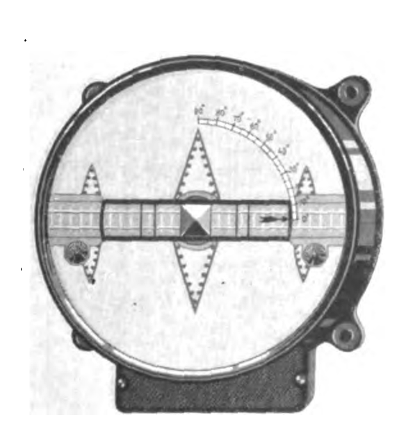


Bild 7. Rückmelder für eine Drehbrücke.

Für die Pünktlichkeit und die Sicherheit des Zugverkehrs sind gute Zeitdienstanlagen unerläßlich. Damit im ganzen Bereich der Reichsbahn die Zeitangaben übereinstimmen, wird jeden Morgen ein telegraphisches Zeitsignal gegeben, das den Zeitpunkt 8 Uhr 0 Minuten 0 Sekunden genau bezeichnet. Ausgestellt ist eine

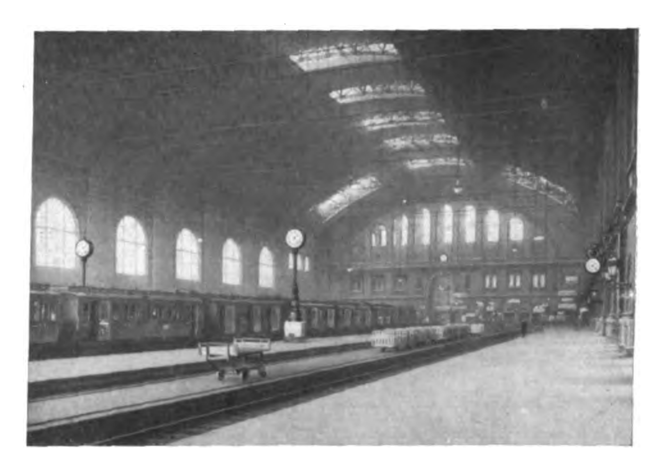


Bild 8. Elektrische Nebenuhren in der Halle des Anhalter Bahnhofes in Berlin.

Hauptuhr, die selbsttätig das Zeitzeichen zu der vorgeschriebenen Zeit in die Telegraphenleitungen gibt. Man findet ferner eine Uhrenzentrale, wie sie für Bahnhöfe verwendet wird, mit einer Hauptuhr, einer Reserveuhr und den dazugehörigen Kontroll- und Sicherheitseinrichtungen. An eine solche Hauptuhr sind auf Bahnhöfen Nebenuhren angeschlossen, die sich auf den Bahnsteigen (Bild 8), in den Warteräumen, den Diensträumen usw. befinden. Diese Nebenuhren haben kein eigenes Gangwerk, sondern nur ein Zeigerwerk. Die Zeiger werden elektrisch fortbewegt, und zwar durch Stromstöße, die minutlich oder halbminutlich in wechselnder Richtung von der Hauptuhr in das Uhrennetz gesandt werden.



Bild 9. Arbeitszeit-Kontrollapparat.

An eine solche Zentraluhrenanlage lassen sich verschiedene Einrichtungen anschließen, die entweder dazu bestimmt sind, zu vorher bestimmten Zeiten in Tätigkeit zu treten oder wichtige Zeitpunkte schriftlich festzulegen. Zu diesen gehören die elektrischen Zeitstempel, von denen ein Handstempel und ein fester Stempel aus-



Bild 10. Wächter am Wächter-Kontrollapparat.

gestellt sind. Zum Aufdrucken der Zeit, zu der wichtige Meldungen eingegangen oder ausgegeben worden sind, haben solche Stempel für den Eisenbahnbetrieb einen besonderen Wert.

Der elektrische Zeitstempel ist auch ein wichtiger Bestandteil eines gleichfalls ausgestellten **Arbeitszeit-Kontrollapparates** für Eisenbahnwerkstätten (Bild 9). Bei den von der Siemens & Halske A.-G. gebauten Apparaten erhält die Kontrollkarte nicht nur den Aufdruck der genauen Zeit, zu der ein Arbeiter die Arbeitsstätte betritt oder verläßt, sondern auch noch eine eigenartige Lochung, die nicht verändert und gefälscht werden kann. Diese Lochung ermöglicht es, das Abrechnen der Karten für die Lohnauszahlung ganz erheblich zu vereinfachen und zu beschleunigen und so Zeit und Personal zu ersparen. Bemerkenswert ist, daß Pausen und Versäumnisse selbsttätig abgezogen werden und die geleistete Arbeitszeit jedesmal von selbst auf die kleinste zur Verrechnung kommende Zeitspanne abgerundet wird.



Bild 11. Empfangseinrichtung einer Wächter-Kontrollanlage.

Eisenbahnwerkstätten bedürfen einer sorgfältigen Überwachung, wenn Diebstähle verhindert und etwa drohenden Gefahren, wie Feuer, rechtzeitig begegnet werden soll. Ausgestellt ist eine vereinigte **Wächterkontroll- und Feuermeldeanlage**, wie sie in Eisenbahnwerkstätten bereits eingeführt ist. Sie hat den Zweck, festzustellen, ob ein Wächter seinen Rundgang in der vorgeschriebenen Weise ausgeführt hat. Der Wächter hat zu dem Zweck in verschlossenen Melderkasten untergebrachte und an geeigneten Punkten aufgestellte Laufwerke mit einem von ihm mitgeführten Schlüssel in Gang zu setzen (Bild 10). Diese Werke bewirken dann, daß am Empfangsapparat (Bild 11) die Nummer des Melders und die Zeit der Meldungsabgabe in Typenschrift auf einem Kontrollstreifen erscheint. Dieselben Melder können auch zum Abgeben von Feuermeldungen benutzt werden, wobei außer der Meldernummer und der Meldezeit noch der eine Feuermeldung kennzeichnende Buchstabe F auf dem Kontrollstreifen erscheint und gleichzeitig ein Alarmsignal ausgelöst wird.

Da erfahrungsgemäß auch ein aufmerksamer Wächter ein ausgebrochenes Feuer nicht immer frühzeitig genug bemerkt, verwendet man in Eisenbahnwerkstätten auch **selbsttätige Feuermelder**, die unter der Einwirkung der von einem Feuer ausgehenden Wärme ansprechen und Alarmsignale auslösen. Wesentlich erhöht wird die Sicherheit auf Personen- und Güterbahnhöfen, Eisenbahn-Werkstätten und -Lagerräumen durch Polizeimelder- und Raumschutz-Anlagen.

Mit den ersten ist es möglich, im Notfall auf schnellstem Wege polizeiliche Hilfe herbeizurufen, durch die zweiten wird jeder Versuch eines gewaltsamen Eingriffs an den geschützten Räumen sofort gemeldet. Raumschutzanlagen lassen sich auch mit Polizeimelder-Anlagen in unmittelbare Verbindung bringen, so daß z. B. bei einem Einbruchsversuch sofort die Polizei alarmiert wird.

Von großer Bedeutung sind heute, wie für alle Industrieunternehmungen, so auch für die Eisenbahnen und ihre Werkstattanlagen, die Fragen der **Energiewirtschaft** geworden. Auch Apparate, die für diese wichtig sind, enthält die Ausstellung der Siemens & Haske A.-G. in München. Man findet dort z. B. einen **Fernzeiger**, der in der Schaltanlage eines Kraftwerkes eingestellt wird und im Kesselhause die jeweilige Belastung des Kraftwerkes meldet, so daß der Kesselbetrieb den wechselnden Belastungen angepaßt werden kann. Außerdem ist eine Reihe von Meßgeräten ausgestellt, die zur Überwachung der Wärmewirtschaft bei der Eisenbahn gebraucht werden.

Elektrisierung der Österreichischen Bundesbahnen

Mitgeteilt von den Österreichischen SSW.

A) Arlberg- und Salzkammergutlinie.

Das heutige Österreich hat von dem Gesamtkohlenvorkommen Altösterreichs nur rund 1 % übernommen, das überdies zum größten Teile aus minderwertiger Braunkohle besteht, die sich für viele Zwecke überhaupt nicht eignet. Um daher nicht durch den Kohlenbezug aus dem Auslande in vollkommene Abhängigkeit von diesem zu geraten, war man gezwungen, den Ausbau der heimischen Wasserkräfte schrittweise durchzuführen und so Österreich von der Kohleneinfuhr aus dem Auslande soweit wie möglich zu befreien.

Da der Kohlenbedarf der Dampfbahnen unter den heutigen Verhältnissen rund 3,4 Millionen Tonnen Kohle jährlich, also ein Viertel des Gesamtbedarfes Österreichs, bzw. die Hälfte der durch elektrische Energie ersetzbaren Kohlenmenge beträgt, so wäre die Elektrisierung aller mit Dampf betriebenen Bahnen die ausgiebigste Maßregel zur Erreichung des angestrebten Zieles. Im Jahre 1919 wurde von der Nationalversammlung ein Gesetz geschaffen, das in erster Linie die Elektrisierung der Arlbergbahn (Strecke Innsbruck—Landeck—Bludenz) und der Salzkammergutbahn (Strecke Steinach—Irdning—Attnang—Puchheim) vorsah.

Den Österreichischen Siemens-Schuckert-Werken wurde die Ausrüstung der 83 km langen Strecke von Telfs bis Langen mit der großen Dispositionsstation Landeck, dem 10,25 km langen, doppelgleisigen Arlbergtunnel und der rund 12 km langen 55 kV-Leitung über den Arlbergpaß sowie die gesamte elektrische Ausrüstung des Spullerseekraftwerkes übertragen.

Der Anteil der Ö. SSW an der Elektrisierung der Salzkammergutlinie umfaßte die elektrische Ausrüstung der Teilstrecke Bad Aussee—Ebensee einschließlich der beiden letztgenannten Bahnhöfe sowie die gesamte Einrichtung der Schaltstation Steeg.

1. Das Spullerseekraftwerk.

Das Spullerseekraftwerk bei Danöfen im Klostertal besorgt gemeinsam mit dem bereits im Jahre 1912 erbauten Ruetzwerk bei Innsbruck die Stromlieferung für den elektrischen Betrieb der Arlbergbahn von Innsbruck bis Bludenz derart, daß das Ruetzwerk die Grundbelastung und das Spullerseekraftwerk die Spitzendeckung übernimmt.

Schon jetzt ist es imstande, 24000 PS abzugeben; nach Vollausbau wird seine Leistungsfähigkeit das Doppelte betragen. Das Werk erhält das Betriebswasser für die Wasserturbinen aus dem 1800 m ü. d. M. gelegenen Spullersee, dessen Fassungsraum durch die Errichtung zweier Staumauern auf 13,5 Millionen Kubikmeter erweitert wurde. Durch die Aufstauung der Niederschlagwässer wird ein Ausgleich für die Zeiten der Wasserarmut geschaffen, so daß das Werk in regenarmen Jahren 18 Millionen kWh, dagegen in Jahren mit normaler Niederschlagmenge 40 Millionen kWh abgeben kann.

Vom Spullersee wird das Betriebswasser zunächst durch eine genietete Eisenrohrleitung mit 3 ‰ Gefälle dem Wasserschlosse auf der Grafenspitze zugeführt. Von dort führen 2 (später 3) rund 1400 m lange Druckrohrleitungen, die am Hange des Dürrenberges offen verlegt sind, zu dem unterhalb des Bahnhofes Danöfen gelegenen Kraftwerk (Bild 1).

Jeder Rohrstrang speist 2 Wasserturbinen und führt bei Vollbetrieb eine Wassermenge von 2 m^3/s. Der Rohrdurchmesser nimmt von 950 mm beim Wasserschloß auf 650 mm beim Kraftwerk ab, während die Rohre wegen der Zunahme des Wasserdruckes von 8 mm beim Einlaufe bis auf 35 mm beim Eintritt der Rohrleitung in das Kraftwerk in der Wandstärke zunehmen.

Im Maschinenraum des Kraftwerkes (Bild 2) sind derzeit drei Freistrahlturbinen (Peltonräder) für je 8000 PS aufgestellt, die von der Leobersdorfer Maschinenfabriks-Aktien-Gesellschaft (Leobersdorf bei Wien) geliefert wurden. Jede von ihnen ist mit einem Einphasen-Wechselstromerzeuger der Ö. SSW für je 3000 kVA-Dauerleistung direkt gekuppelt. Entsprechend den gestellten Bedingungen ist jeder Stromerzeuger auch imstande, eine Spitzenleistung von 7500 kVA durch sechs Minuten über die normale Dauerleistung hinaus abzugeben.

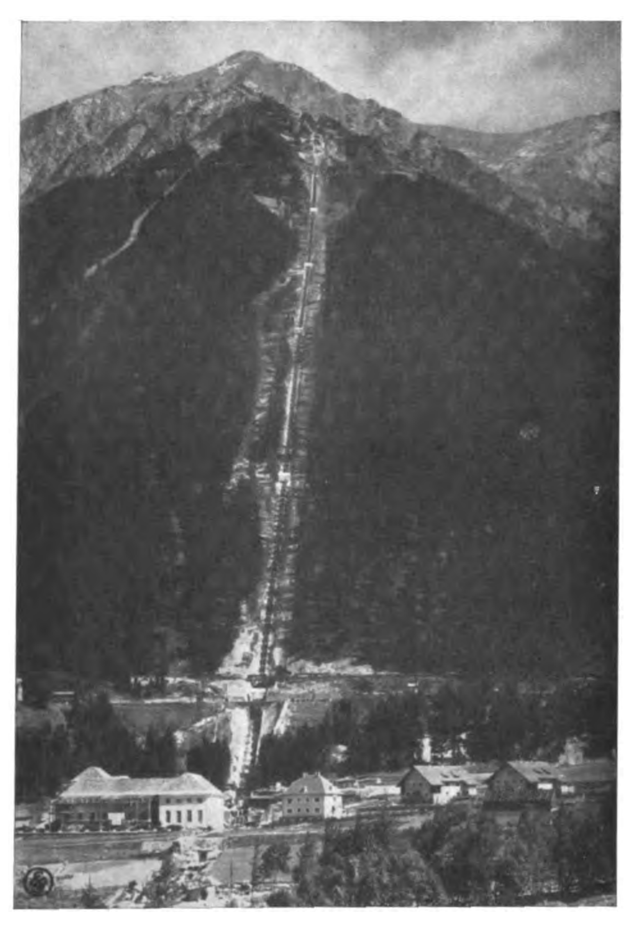


Bild 1. Wasserschloß, Druckrohrleitung und Kraftwerk in Danöfen.

Um die während des Bahnbetriebes auftretenden großen Belastungsstöße in ihrer Wirkung auf die

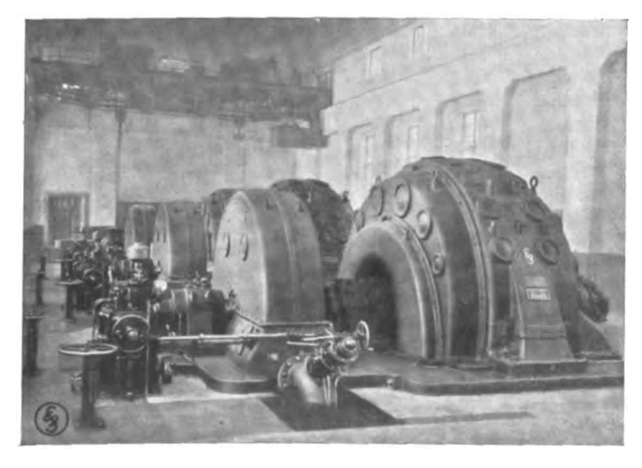


Bild 2. Maschinensaal mit Turbinen und Stromerzeugern im Spullerseekraftwerk.

Stromerzeuger zu mildern, ist auf deren Welle innerhalb des Gehäuses ein Schwungrad aufgesetzt, so daß ein Schwungmoment aller umlaufenden Teile des Maschinensatzes von 270 tm^2 erreicht wird.

Die Erregung der Stromerzeuger geschieht durch je eine auf der Welle der letzteren sitzende Erregermaschine, deren Feldwicklungen wieder von einem allen Generatoren gemeinsamen Hilfserregerumformer über 220 V-Erregersammelschienen fremderregt werden. Im Stromkreise dieser Fremderregung liegen drei selbsttätige Spannungsregler und ein Zusatzregler, Bauart „Dick". Die Erregung der stromerzeugenden Dynamos der Hilfserregerumformer besorgt eine Speicherbatterie.

Im Kraftwerk ist ferner ein 200 kW-Einphasen-Gleichstromumformer aufgestellt, der für die Deckung des Eigenbedarfs des Kraftwerks an elektrischer Energie, für den Betrieb von Kranen, Motoren, für Beleuchtung und Beheizung und zum Antrieb von Öl- und Wasserpumpen bestimmt ist. Ein zweiter, gleichgroßer Umformersatz, der seinen Betriebsstrom über einen Drehstromtransformator aus dem 10000 V-Netz des Litzwerkes im Montafon bezieht, dient als Reserve.

Der von den Wechselstromerzeugern gelieferte Strom von 6000 V wird durch Transformatoren auf 50000 V transformiert. Zu jedem Generator gehört ein Transformator gleicher Leistung. Es ist jedoch Vorsorge getroffen, daß mit Hilfe von Trennschaltern jeder Stromerzeuger auch auf den Transformator eines anderen Maschinensatzes geschaltet werden kann. Ebenso wie die Generatoren müssen auch die zugehörigen Transformatoren eine Spitzenleistung von 7500 kVA durch sechs Minuten über die Dauerleistung hinaus abgeben können. Die Transformatoren und Schaltapparate sind in einem parallel zum Maschinenhaus angeordneten eigenen Schalthaus untergebracht (Bild 5). Von der Hochspannungsseite der Transformatoren führen über selbsttätige Ölschalter und über ein Doppelsammelschienensystem Übertragungsleitungen zum Ruetzwerk nach Osten bzw. gegen Feldkirch nach Westen.

Am Südende des Maschinenhauses, 6 m über dem Fußboden des Maschinensaales, liegt der Befehlsraum, von dem aus das ganze Kraftwerk gesteuert wird. Er enthält sieben Schaltpulte und eine 14feldrige Schalttafel (Bild 6) mit den erforderlichen Meßinstrumenten und Betätigungsvorrichtungen für die Regler und Schalter der Stromerzeuger, der Haupttransformatoren, der beiden vorgenannten 50 kV-Übertragungsleitungen

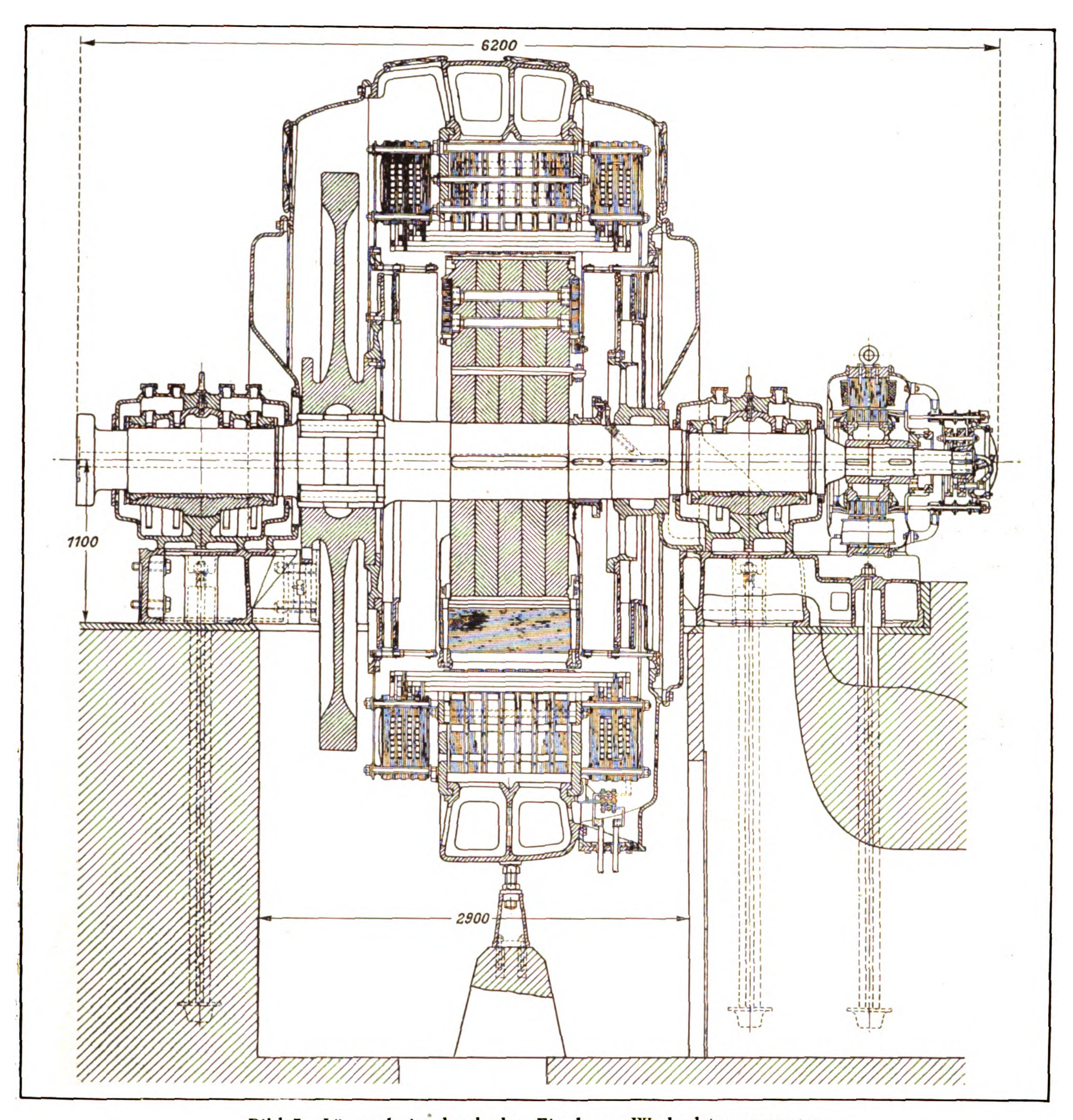


Bild 3. Längsschnitt durch den Einphasen-Wechselstromerzeuger.

sowie der Transformatoren und Apparate des Unterwerkes und der zur Bahnstrecke abgehenden 15 kV-Speiseleitungen. Für die Fernsteuerung der Apparate wird Gleichstrom verwendet, welcher der eingangs erwähnten Speicherbatterie entnommen wird. Vom Befehlsraume aus erfolgt die Kommandogebung für das Anlassen, Abstellen und Parallelschalten der Maschinen durch Vermittlung von Licht- und Schallsignalen. Bei den einzelnen Maschinensätzen sind zu diesem Zwecke eigene Kommandoapparate aufgestellt.

Endlich enthält der Befehlsraum eine vereinigte Gefahrmeldeanlage, die es ermöglicht, auf einer kleinen Marmortafel die Öltemperatur, den Öl- und Kühlwasserumlauf der Transformatoren und den Wasserstand der Kühlwasserbehälter für die Stromerzeuger ständig zu kontrollieren. Durch die Apparate der Gefahrmeldeanlage wird jede

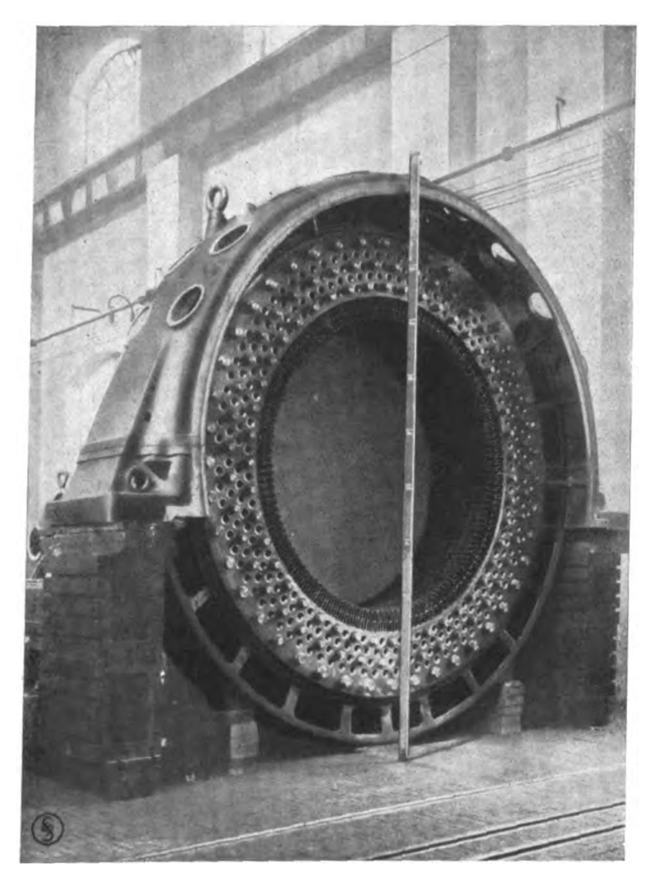


Bild 4. Unbewickelter Ständer des Einphasen-Wechselstromerzeugers im Werk Engerthstraße der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke.

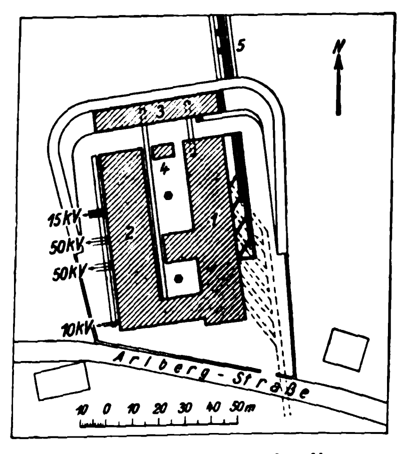
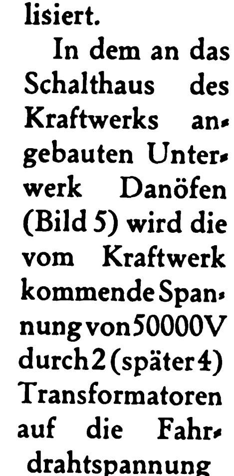


Bild 5. Lageplan des Spullerseewerkes in Danöfen.

1 = Maschinenhaus.
2 = Schalthaus, einschließlich Unterwerk Danöfen.
3 = Werkstätte.
4 = Aborte und Bad.
5 = Rohrleitung.



Störung in den genannten Einrichtungen selbsttätig signalisiert.

In dem an das Schalthaus des Kraftwerks angebauten Unterwerk Danöfen (Bild 5) wird die vom Kraftwerk kommende Spannung von 50000 V durch 2 (später 4) Transformatoren auf die Fahrdrahtspannung von 15000 V herabgesetzt und zu Sammelschienen geführt. Von diesen zweigen die Zuleitungen zu den Fahrleitungen an der Bahnstrecke und das Stromrückleitungskabel zu den Fahrschienen ab.

Bild 6. Befehlsraum mit Schalttafeln und Schaltpulten im Spullerseekraftwerk.

2. Fahrleitungsanlage.

Die Fahrleitung ist für eine Betriebsspannung von 15000 V isoliert. Der Fahrdraht, ein Profil-

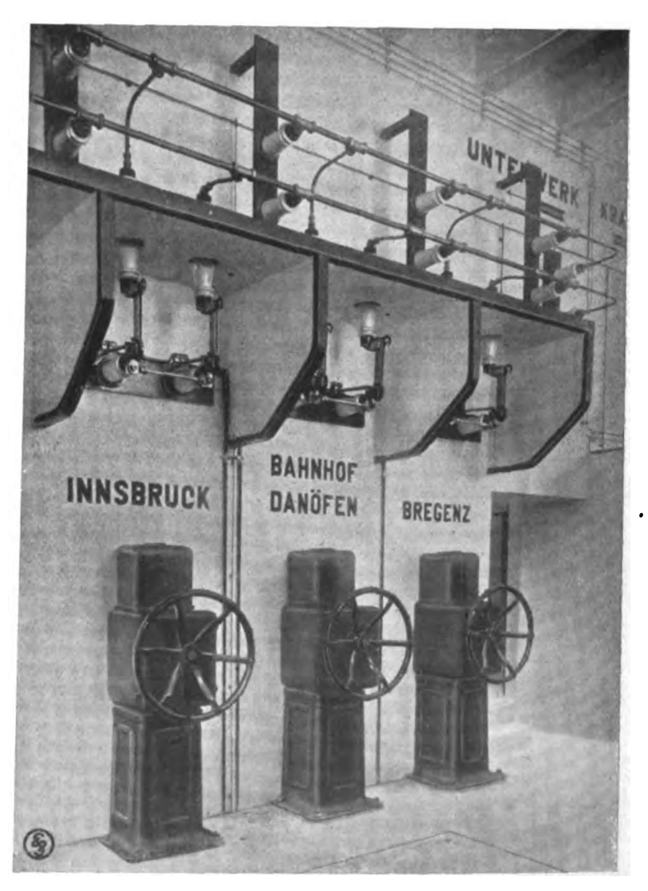


Bild 7. 15 kV-Sammelschienen mit Ölschalterantrieben der Bahnspeiseleitungen.

draht aus Hartkupfer mit 8-förmigem Profil von 100 mm² Querschnitt auf freier Strecke und 65 mm² auf Nebengeleisen in Bahnhöfen, ist nach Bauart der Ö. SSW mittels Klemmen am Hilfs-

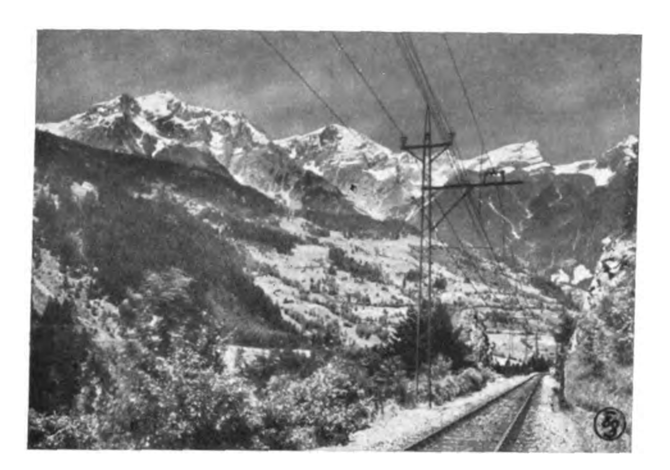


Bild 8. Fahrleitung mit 50 kV-Speiseleitung auf der Strecke Landeck—St. Anton.

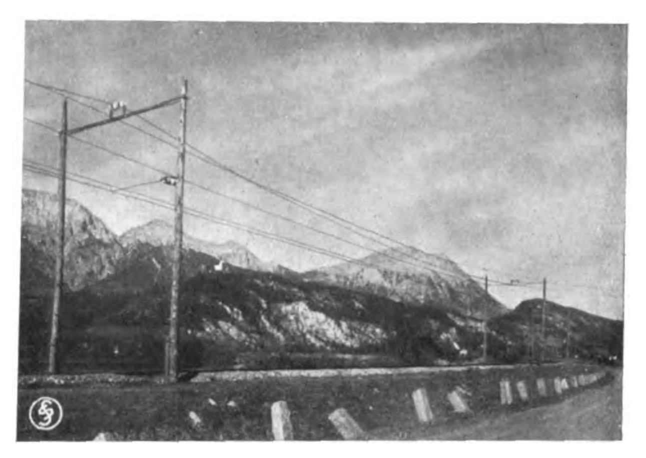


Bild 9. Verlegung der Fahrleitung auf Holzmasten.

tragdraht, einem verzinkten Stahldraht von 6,5 mm Durchmesser, in der Längsrichtung beweglich, aufgehängt. Der Hilfstragdraht wird mittels lotrechter Hängedrähte von einem Stahltragseil mit 50 mm² Querschnitt getragen. In Tunnels wird mit Rücksicht auf die Gefahr der Zerstörung durch Feuchtigkeit Bronze für das Tragseil sowie als Klemmenmaterial verwendet. Diese für die Betriebsverhältnisse auf Hauptbahnen entworfene Bauart (Vielfachaufhängung) hat sich auch für höchste Fahrgeschwindigkeiten bewährt.

Auf freier Strecke wird die Fahrleitung mittels gerader oder gebogener Ausleger unter Zwischenschaltung von Isolatoren von eisernen Flachgittermasten getragen (Bild 8).

Nur im Abschnitt von Telfs bis Landeck sind in der Geraden und in Bögen mit Halbmessern größer als 500 m Holzmaste mit Betonfüßen verwendet (Bild 9). Die größte Mastentfernung beträgt 75 m. Die Stützpunkte sind doppelt isoliert, die Isolation besteht aus je einem Spulen- und zwei Halbspulen-Isolatoren, die in einem Bock aus Temperguß eingebaut sind, der verstellbar auf dem Ausleger sitzt. In der Seitenrichtung ist die Fahrleitungskette durch ein einseitig am Mast unter Zwischenschaltung derselben Isolatorengruppe befestigtes Stahlrohr festgelegt.

Zum Zwecke des Dehnungsausgleichs bei Temperaturwechsel ist die ganze Fahrleitungskette in Einzelabschnitte von 1 bis 1,5 km Länge unterteilt. Die Enden je zweier solcher aufeinanderfolgender Leitungsabschnitte sind auf Spannfeldlänge aneinander vorbeigezogen und an Abspannmasten über Isolatoren durch Spanngewichte mit Kettenrollenzügen derart abgespannt, daß der Fahrdraht bei jeder Temperatur auf gleichbleibenden Zug eingeregelt wird (Bild 12). Die aufeinanderfolgenden Leitungsabschnitte sind im allgemeinen leitend miteinander verbunden. Nur knapp vor und hinter den Stationen sind diese Verbindungen aufgehoben, so daß dadurch eine Trennstelle gebildet wird (Streckentrennung), welche die Fahrleitung der freien Strecke von der Bahnhofanlage elektrisch abtrennt.

In Bahnhöfen ist die Fahrleitung auf schmiedeeisernen Fachwerkjochen verlegt, die je nach Bedarf zwei bis fünf Geleise überspannen und von Eisenmasten getragen werden. Die Fahrleitungsanlage jeder Station bildet einen Streckenabschnitt für sich, der im Wege der vorerwähnten Trennstellen von den anschließenden Streckenteilen getrennt oder mit diesen verbunden werden kann. Es geschieht dies durch Hörnerschalter, die auf einem eisernen, in unmittelbarer Nähe des Aufnahmegebäudes errichteten Schaltgerüst aufgebaut sind (Bild 10) und vom Boden aus mittels Gestängeantriebes betätigt werden. Mit Hilfe dieser Schalter und einer eigenen Stationsumgehungsleitung ist es insbesondere möglich, jede Bahnhofanlage spannungslos zu halten, während die anschließende Strecke vor und hinter der Station unter Spannung steht.

Seitwärts am Fahrleitungsgestänge ist eine dem Fahrdraht, ferner auf den Mastspitzen eine weitere, der Fahrschiene parallel geschaltete Verstärkungsleitung aus 70 mm² Kupferseil verlegt; hierzu kommt im Abschnitt Landeck—St. Anton die 50 kV-Übertragungsleitung Ruetzwerk—Spullerseewerk (Bild 8), bestehend aus 2 Kupferseilen von

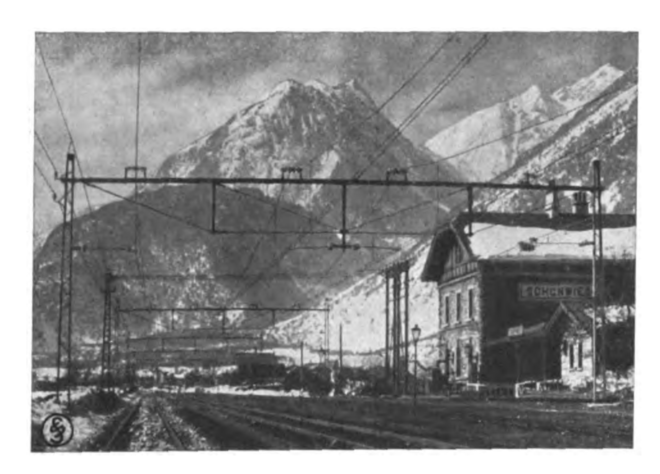


Bild 10. Leitungsverlegung im Bahnhofe Schönwies mit Schaltgerüst.

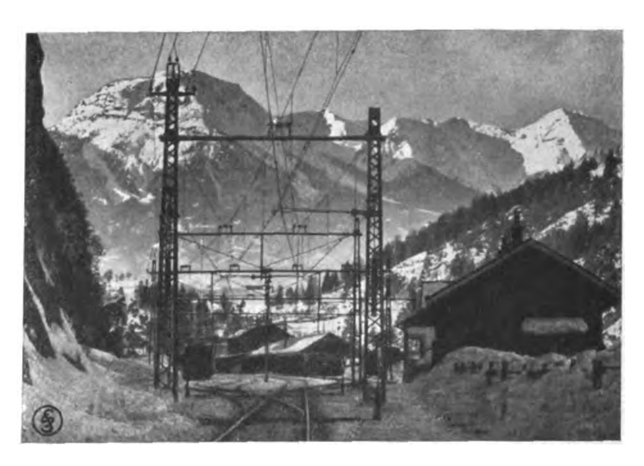


Bild 11. Einfahrt in den Bahnhof Imst (Strecke Innsbruck—Landeck).

je 50 mm² (Landeck—Flirsch) bzw. 70 mm² (Flirsch—St. Anton).

Der Weinzirl- und Moltertobeltunnel (Bild 13) wird von diesen Leitungen umgangen. Beim Schloß Wiesberg verlassen sie das Bahngestänge, übersetzen mit einer Spannweite von 228 m die Trisannaschlucht (Bild 14) am Ausgang des Paznauntales und sind auf eigenen Masten bis zur Wiedervereinigung mit dem Bahnkörper bei der Station Strengen weitergeführt. Die 50 kV-Leitung umgeht überdies den großen Arlbergtunnel, auf eigenem Gestänge über den Arlbergpaß führend.

Dieser Leitungsabschnitt wurde bereits im Mai-Juni-Heft 1923 der Siemens-Zeitschrift von Dr.-Ing. Markt beschrieben („Leitungsbau über und durch den Arlberg").

Im doppelgleisigen Arlbergtunnel ist jedes Gleis mit 2 Fahrdrähten von je 65 mm² überspannt, die an einem Tragseil aus 70 mm² Bronze aufgehängt sind. Das Tragseil ist somit an der Stromzuführung beteiligt. Mit Rücksicht auf den verhältnismäßig großen Gesamtquerschnitt der Tunnelleitungen konnten die Verstärkungsleitungen im Tunnel entfallen. Die in Abständen von 18 bis 28 m in den Tunnelscheitel eingebauten Fahrleitungstragwerke (Bild 15) sind mittels eines durchgehenden Kupferseiles von 50 mm² geerdet. Dieses Seil ist in Abständen von je 500 m mit den Fahrschienen leitend verbunden und wird somit zur Stromrückleitung herangezogen. Die Fahrschienenstöße sind durch kupferne Stoßverbinder überbrückt.

Um allenfalls auftretende Isolationsfehler in der Tunnelfahrleitung leichter auffinden zu können, ist diese in der Tunnelmitte unterteilt. Die Trennstelle ist durch Ölschalter überbrückt.

Die geringen im Tunnelinneren zu erwartenden Temperaturschwankungen ließen eine Ausgleichvorrichtung in der Fahrleitung als überflüssig erscheinen. Es werden nur die Enden der Tunnelfahrleitung an beiden Portalen selbsttätig nachgespannt.

3. Lokomotiven.

Für die elektrische Zugförderung kommen zwei Lokomotivtypen der Ö. SSW in Frage, und zwar Güterzuglokomotiven der Reihe 1080, Achsanordnung E (Bild 18) und Schnellzugslokomotiven der Reihe 1570, Achsfolge 1-A-A-A-A-1. Die Hauptdaten dieser beiden Lokomotivtypen sind bereits im November-Dezember-Heft 1924 der Siemens-Zeitschrift angegeben worden („Elektrisierung der Salzkammergutlinie").

Die Güterzuglokomotiven haben 5 gekuppelte Triebachsen, von denen jede der 3 mittleren von einem Einphasen-Wechselstrommotor mittels Zahnräder angetrieben wird (Bild 19). Für die Stromabnahme von der Fahrleitung dienen je zwei Doppelscherenstromabnehmer (Bild 20), deren Bügel für die selbsttätige Vornahme des erforderlichen Bügelwechsels beim Befahren der schmalen und niedrigen Tunnelprofile eingerichtet sind.

Während der Stufenschalter rein mechanisch vom Führerstand (Bild 21) aus bedient wird, werden die übrigen Apparate, wie Stromabnehmer, Hauptölschalter, Fahrtwender für Vor- und Rückwärtsfahrt, Sandstreuer und Signalpfeife durch Preßluft mittels elektromagnetisch gesteuerter Druckluftventile betätigt.

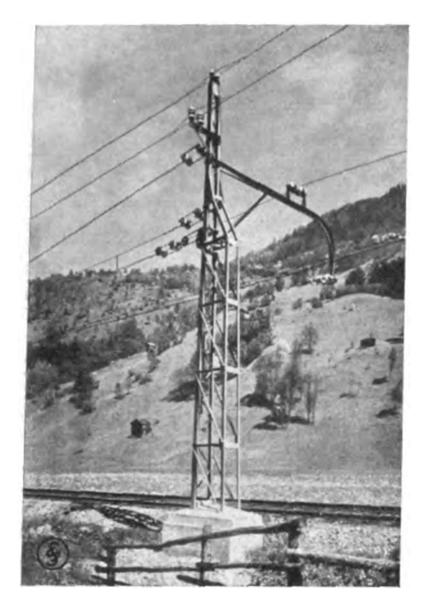


Bild 12. Abspannmast mit gebogenem Ausleger.



Bild 13. Blick in den Moltertobeltunnel.



Bild 14. Winkeltragmast der Umgehungsleitung vor der Trisannaschlucht. (Im Hintergrunde das Schloß Wiesberg.)



Bild 15. Fahrleitungsstützpunkt im Arlbergtunnel.



Bild 16. Turmmast der 50 kV-Arlbergpaßleitung. Leitungstrasse an einem Steilhang (32° Neigung).



Bild 17. Leitungstrasse auf den Brunnenköpfen, 2019 m ü. d. M.

Die zur Steuerung dieser Ventile erforderlichen Elektromagnete werden von einer kleinen, vom Fahrdraht unabhängigen Gleichstromanlage gespeist. Diese besteht aus einer Akkumulatorenbatterie mit Ladedynamo und Spannungsregler. Bei Ausbleiben der Spannung in der Fahrdrahtleitung kann die Batterie auf die Lampen in der Lokomotive und auf die Signal- und Scheinwerferlampen geschaltet werden. Die Triebmotoren und der Haupttransformator werden durch kräftige, elektrisch angetriebene Ventilatoren gekühlt.

Die Lokomotiven sind für den schweren Güterzugdienst am Arlberg bestimmt und haben ein Gesamtgewicht von 72 500 kg.

Für die Beförderung von schweren Schnellzügen auf Talstrecken werden die Lokomotiven der Reihe 1570 in Dienst gestellt. Die 4 Triebachsen werden durch je 1 Einphasenmotor von

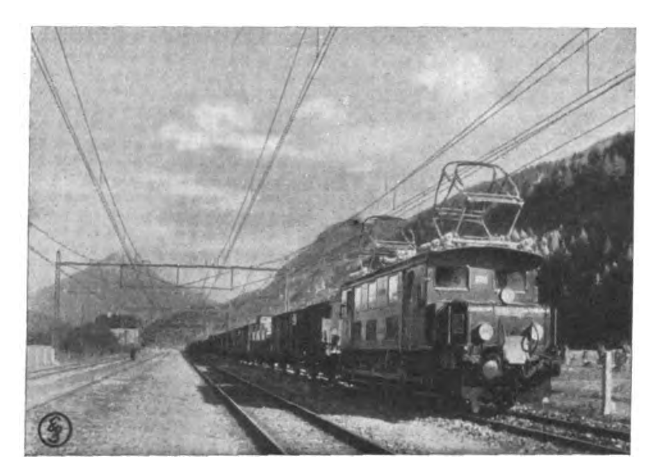


Bild 18. E-Güterzuglokomotive mit Zug (1000 Bruttotonnen Anhängelast) in einem Bahnhof.

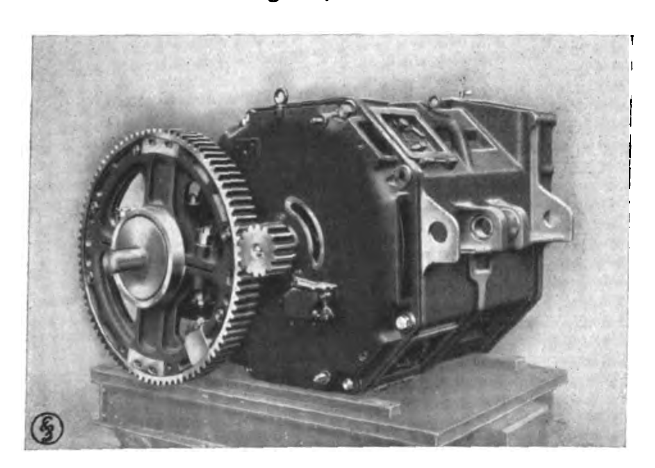


Bild 19. 500 PS-Wechselstrom-Bahnmotor mit Zahnradgetriebe.

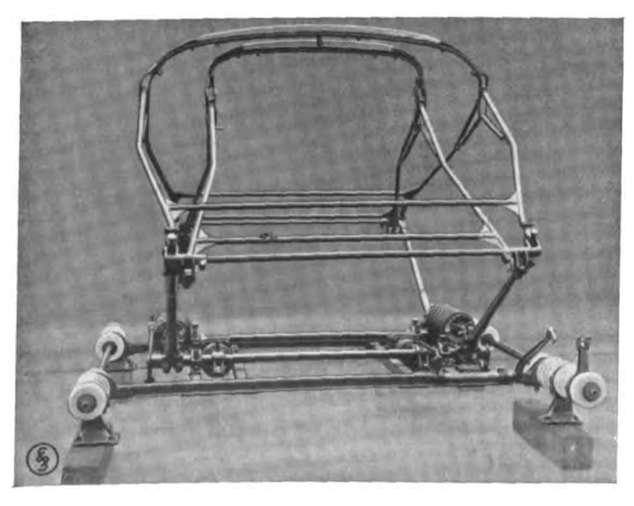


Bild 20. Doppelscherenstromabnehmer der E-Güterzuglokomotive.

500 PS Stundenleistung mit lotrechter Welle unter Anwendung von Kegelradübersetzungen angetrieben. Die übrige elektrische Einrichtung

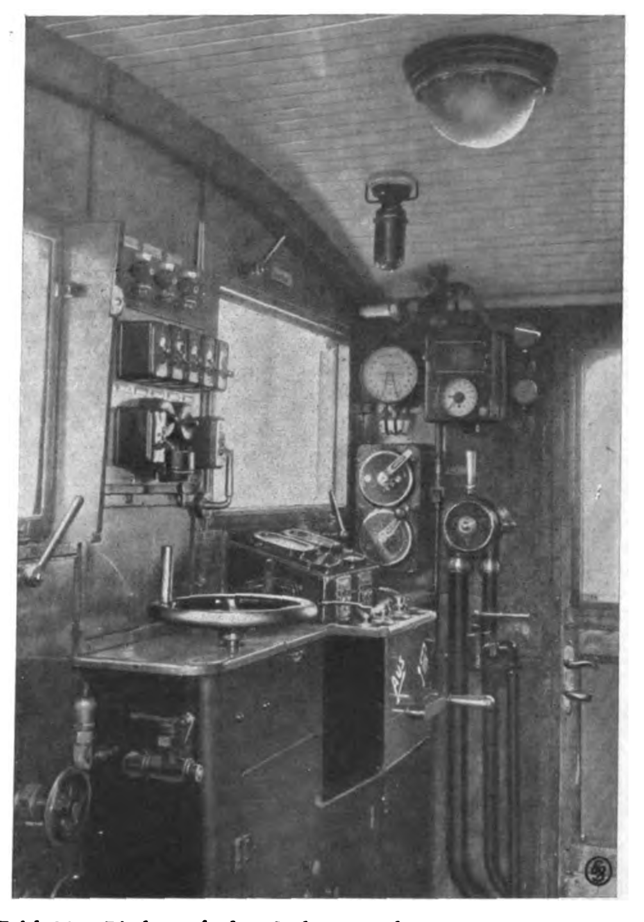


Bild 21. Blick auf den Führerstand einer E-Güterzuglokomotive.

deckt sich so ziemlich mit der vorher bei der Güterzuglokomotive beschriebenen.

B) Die Salzkammergutlinie.

Eine kurze Beschreibung der elektrischen Einrichtungen dieser Linie wurde bereits im früher genannten Heft der Siemens-Zeitschrift[1]) gegeben.

Der Fahrdraht ist zum Unterschied gegenüber der auf der Arlbergstrecke ausgeführten Bauart ohne Hilfstragdraht am Tragseil aufgehängt. Sowohl dieses als auch der Fahrdraht werden durch Gewichte selbsttätig nachgespannt, weshalb drehbare Ausleger in Verwendung kommen. Diese Fahrdrahtaufhängung hat sich auf der elektrisierten Strecke Kirunå—Riksgränsen der schwedischen Staatsbahnen bestens bewährt.

Auf freier Strecke ist die Fahrleitungskette durchweg auf Flachgittermasten unter Verwendung von aus leichtem Gasrohr bestehenden

[1]) Siemens-Zeitschrift, November-Dezember-Heft 1924.

drehbaren Auslegern verlegt. Es ist nur einfache Isolation vorhanden, dafür wurde aber auf kräftige und zureichend große Ausbildung der Isolatoren Wert gelegt. Die seitliche Festlegung erfolgt durch die Ausleger selbst, desgleichen die Kurvenauszüge, insofern der Mast auf Bogenaußenseite versetzt ist. Bei auf Bogeninnenseite befindlichen Masten geschieht der Auszug durch eine kurze, am gebogenen unteren Teil des Auslegers befestigte Zugstange, wie dies aus Bild 22 hervorgeht.

In Entfernungen von im Mittel 1,2 km werden Tragseil und Fahrdraht zusammengefaßt und mittels eines Gewichts selbsttätig nachgespannt.

Der Übergang des Bügels bei diesen Abfangstellen ist äußerst gut und elastisch, da ja eine Fahrleitung links, die andere rechts abgefangen wird. In der Mitte zwischen zwei Abfangungen ist eine Verankerung der Fahrleitung auf einfache Weise dadurch geschaffen, daß der für die Aufhängung des Tragseiles dienende Ausleger gabelförmig ausgebildet ist.



Bild 22. Im Koppental. Im Hintergrunde der Speickberg (2124 m). Mast auf Bogeninnenseite mit gebogenem Ausleger.



Bild 23. Schaltgerüst im Bahnhof Obertraun.

Das aus Stahllitzen bestehende Tragseil hat 50 mm², der aus Elektrolythartkupfer hergestellte Fahrdraht mit Achter-Profilform 100 mm² Querschnitt.

Auf dem Fahrleitungsgestänge ist außer der Fahrleitung eine Verstärkungsleitung aus Kupferseil für Fahrdraht und Schiene verlegt. Der Querschnitt dieser Verstärkungsleitungen beträgt zwischen Bahnhof Steeg und Bahnhof Bad Aussee 2×50 mm², zwischen ersterem und Bahnhof Ebensee 2×95 mm². Die größte Stützpunktentfernung beträgt 60–75 m.

In den Bahnhöfen ist die Fahrleitungskette, so wie dies auf der Arlbergstrecke der Fall ist, auf schmiedeeisernen Querjochen verlegt; der Fahrdrahtquerschnitt für die durchgehenden Gleise beträgt hier ebenfalls 100 mm², der für die Nebengleise 65 mm².

Vor und hinter den Bahnhöfen sind Abfangstellen vorgesehen und als Streckentrenner ausgebildet. Von den jeweils von beiden Seiten einlaufenden Fahrleitungen führen Stationsumgehungsleitungen zu Hörnerschaltern. Auch in die von beiden Seiten einlaufenden Verstärkungsleitungen sind Hörnerschalter eingebaut, außerdem sind noch zwei Verbindungsschalter angeordnet.



Bild 24. Blick aus dem Wehrgrabentunnel. Fahrleitungsstützpunkt.

Alle diese Schalter sind meist in Gruppen zu 6 auf Schaltgerüsten vereinigt (Bild 23). Durch entsprechende Schaltungen können einzelne Leitungsabschnitte stromlos gemacht werden, ohne dadurch den Verkehr auf der übrigen Strecke zu behindern.

In den auf der Teilstrecke Bad Aussee—Ebensee vorkommenden drei Tunnels kommen durchweg Tragseile aus Bronze mit 70 mm² Querschnitt und je zwei Fahrdrähte zur Anwendung (Bild 24). Letztere haben im Saarstein- und im Wehrgrabentunnel 2×100 mm², im Ischlertunnel 2×65 mm² Querschnitt. Die Stützpunktentfernung beträgt in den Tunnels rund 25 m.

Zur Beförderung der Güterzüge dienen auf der in Rede stehenden Teilstrecke die im Abschnitt über die Arlbergbahn beschriebenen Güterzuglokomotiven, Reihe 1080, Achsanordnung E.

Die telephonische Opernübertragung in Frankfurt a. M.

Von Oberingenieur Lehner, Techn. Büro Frankfurt a. M. der Siemens & Halske A.-G.

Die Versuche, die Darbietungen der Oper durch das Telephon weiterzuleiten, sind beinahe so alt wie das Telephon selbst. Einrichtungen dazu sind schon vor vielen Jahren im Betrieb gewesen, haben aber meist nur einzelnen bevorzugten Personen gedient; u. a. ist eine derartige Übertragung auch von Frankfurt a. M. nach Schloß Rumpenheim (etwa 6 km) schon im Jahre 1883 errichtet worden. Ich erinnere mich auch, daß während der Elektrotechnischen Ausstellung in Frankfurt a. M. im Jahre 1891 eine derartige Übertragung im Betrieb war und allgemeine Bewunderung erregte.

Entsprechend den zur Verfügung stehenden einfachen technischen Hilfsmitteln jener Zeit ließen sowohl die Lautstärke als auch die Klangreinheit viel zu wünschen übrig.

Je besser die Verständigung durch das Telephon infolge der Verbesserung der Apparate und Vervollkommnung der Einrichtungen der Fernsprechämter wurde, desto unvollkommener mußten jene alten Übertragungen erscheinen.

Die Direktion des Frankfurter Opernhauses setzte sich Ende 1923 mit der Oberpostdirektion Frankfurt a. M. in Verbindung, um zu hören, unter welchen Bedingungen eine gute Übertragung von Opern auf die Fernsprechleitungen zu erzielen wäre. Die Postbehörde beauftragte daraufhin einen ihrer Herren, Versuche mit den jetzt zur Verfügung stehenden besseren technischen Hilfsmitteln anzustellen, um die Opernübertragung zu vervollkommnen und sie u. U. einem größeren Kreise von Fernsprechteilnehmern zugänglich machen zu können.

Anfang 1924 erbat die Oberpostdirektion die Mitwirkung der S. & H. A.-G., Techn. Büro Frankfurt a. M. Zusammen mit dem Beauftragten der Post wurden dann unter Verwendung der verschiedenen bekannten Mikrophon-Konstruktionen Versuche angestellt. Diese ergaben schließlich als z. Z. beste Lösung ein Verfahren, bei dem die in den Mikrophonen erzeugten Stromschwankungen statt auf Einzel-Induktionsspulen auf Induktionsspulen mit gemeinschaftlichem Ringeisenkern übertragen wurden.

Zum Hören wurden zuerst gewöhnliche Postapparate benutzt, später die Rundfunk-Doppelkopfhörer mit verschiedenen Widerständen erprobt. Dann wurden mit im ganzen befriedigendem Ergebnis Versuche gemacht, zur Wiedergabe den Siemens-Lautsprecher zu verwenden unter Zwischenschaltung des für den Rundfunk benötigten Niederfrequenzverstärkers. Die besten Aufstellungsorte der Mikrophone auf der Bühne und im Orchester wurden ebenfalls durch Versuche festgestellt und schließlich ein befriedigendes Ergebnis mit im ganzen 12 solcher Apparate erreicht; sie wurden rechts und links

einige Meter über der Bühnenöffnung auf der Rampe und im Orchester verteilt angebracht. Für musikalisch geschulte Ohren und strengere Ansprüche kann die Übertragung nicht genügen, auch wenn man noch mehr Kohlenkörner-Mikrophone verwendet und damit die Belastung der einzelnen Aufnahmeapparate auf ein Minimum beschränkt. Dies liegt in der Natur der Sache, weil sich bei starker Beanspruchung der Mikrophone die Kohlenkörner in ihnen umlagern, was nicht völlig geräuschlos vor sich geht. Diese Geräusche, so unbedeutend sie auch sind, werden mit der aufgenommenen Musik auch ihrerseits verstärkt und stören die Klangreinheit. Ohne Verstärkung ist aber der Zweck des Ganzen, die Oper vielen Hörern durch das Telephon zu übermitteln, nicht zu erreichen. Deshalb wurde versucht, das neu konstruierte Bändchenmikrophon der S. & H. A.-G.[1]) an geeigneter Stelle einzubauen, von dem Gedanken ausgehend, daß eigentlich nur das übertragen werden soll, was der Zuhörer im Zuschauerraum des Opernhauses auch hört, und daß die Übertragung mit Einzelmikrophonen an verschiedenen Stellen schon deshalb immer unrein sein muß, weil die Schallwellen die einzelnen Mikrophone zu verschiedenen Zeiten treffen, wenn z. B. an irgendeiner Stelle im Orchester ein Instrument gespielt oder auf der Bühne gesungen wird. Die später gesammelten Erfahrungen zeigten übrigens, daß man diese Bedenken vernachlässigen kann.

Das neue Bändchenmikrophon mit fremderregtem Elektromagneten war natürlich im Zuschauerraum infolge seiner Größe nicht gut unterzubringen. Bei den Versuchen zeigte sich, daß im Zuschauerraum an verschiedenen Stellen die Klangreinheit doch sehr verschieden ist. Wurde das Mikrophon in der Proszeniumsloge untergebracht, so war die Klangwirkung der entfernteren Musikinstrumente unterdrückt, die der in der Nähe befindlichen verstärkt. Brachte man es ganz hinten im Zuschauerraum an, so war die Übertragung verschwommen. Ein idealer Platz wäre vielleicht der Kronleuchter in der Mitte des Zuschauerraums gewesen. Das war natürlich aus rein ästhetischen Gründen untunlich. Wir beobachteten, daß die Übertragung wohl viel reiner wurde, als dies irgendwie früher mit Kohlenkörner-Mikrophonen möglich gewesen war, kamen aber gleichzeitig zu der Überzeugung, daß man schließlich doch rechts und links von der Bühne einen Empfangsapparat aufstellen müsse, wenn man alle Instrumente gleich gut aufnehmen wollte. Das Zentrallaboratorium der S. & H. A.-G., das die Versuche mit uns durchführte, stellte nun eigens für unseren Zweck neue kleine, mit permanenten Magneten versehene Bändchenmikrophone her, die nur etwa Handgröße haben. Diese Apparate sind natürlich viel leichter unterzubringen, und ihre Verwendung führte schließlich auch zu einem vollen Erfolge. Die günstigsten Stellen und Stellungen wurden ausgesucht, und für die Bühne zeigte es sich als das beste, je ein Mikrophon rechts und links an der Rampe anzubringen. Die Übertragung durch die Bändchen ist ganz anderer Art als bei dem Kohlenkörner-Mikrophon. Während die letztgenannten gleichsam selbst als Verstärker wirken und deshalb genügend Energie zur Weiterleitung zur Verfügung steht, ist die elektromotorische Kraft, die durch die Bewegung des Bändchens im Magnetfeld entsteht, außerordentlich klein, so daß sie erst durch einen besonderen Dreiröhrenverstärker auf eine brauchbare Größe gebracht werden muß, ehe an eine Übertragung auf ein Fernsprechamt zu denken ist.

Die mit den beiden Bändchenmikrophonen angestellten Versuche befriedigten musiktechnisch durchaus, nur zeigte sich, daß die Instrumentalmusik gegenüber dem Gesang zurücktrat, sie war zu stark unterdrückt. Deshalb wurde ein drittes Bändchenmikrophon im Orchesterraum angebracht und schließlich, um die verschiedenen Instrumente gleich gut zu erhalten, zwei Bändchenapparate je einige Meter rechts und links vom Kapellmeister an der Wand nach dem Zuschauerraum federnd aufgehängt, so daß also im ganzen zwei Bändchenmikrophone im Orchester und zwei an der Rampe der Bühne im Gebrauch waren. Jetzt waren sowohl die Singstimmen als auch die hohen und tiefen Töne des Orchesters im Fernsprecher gleich gut hörbar, ja sogar Becken- und Paukenschläge deutlich als solche erkennbar.

Im Untergeschoß des Bühnenhauses wurde ein Raum freigemacht und darin die Akkumulatorenbatterie für die Verstärker nebst der dazugehörigen Ladetafel (Bild 1) aufgestellt. In einem benachbarten Raume wurde ein Schalt-

[1]) Siemens-Zeitschrift, Jahrgang 1924, Heft 6.

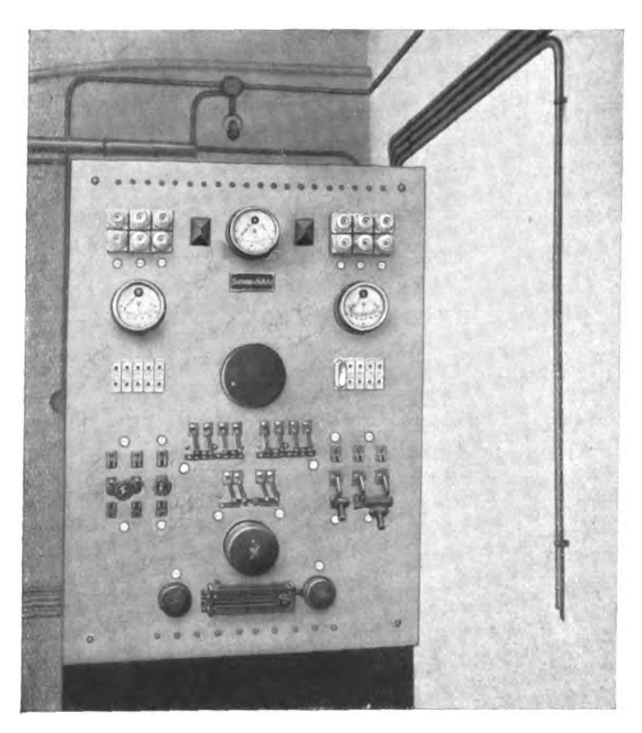


Bild 1. Ladeschalttafel für die Akkumulatorenbatterie im Untergeschoß des Bühnenhauses.

pult eingerichtet, an dem ein Kapellmeister an Hand der Partitur die vier Bändchenmikrophone steuern kann (Bild 2). Der Kapellmeister ist hier in der Lage, nach Belieben Orchester oder Singstimmen zu dämpfen oder hervorzuheben. Ebenso



Bild 2. Der elektrische Kapellmeister.
In einem Nebenraum ist ein Schaltpult aufgestellt, an dem ein Kapellmeister an Hand der Partitur die Bändchenmikrophone steuern kann.

kann er einzelne Bändchenapparate ganz ausschalten und durch Verteilung der Aufnahmeapparate Instrumentalmusik und Gesang modulieren. Wenn man eine einwandfreie Übertragung erzielen will, die strengen musikalischen Ansprüchen genügen soll, so ist diese besondere Reglung der Aufnahmeapparate an Hand der Partitur nicht zu entbehren.

Die Versuche waren mühsam und zeitraubend, und nur die zähe Energie aller Beteiligten und die Freude an der Sache, insbesondere die Beobachtung, wie allmählich durch die Wahl verschiedener Stellungen und verschiedener Aufstellungsorte der Apparate und durch ihre Reglung Verbesserungen erzielt wurden, gaben immer wieder Mut zu neuen Versuchen und Anstrengungen und führten schließlich zu dem heutigen Ergebnis. Nicht nur die beteiligten musikverständigen Herren, sondern auch die maßgebenden Herren des Reichspostministeriums erkannten die besondere Güte der Opernübertragung an. Um dem gesteckten Ziele planmäßig zustreben zu können, wurde seinerzeit einige hundert Meter vom Opernhaus entfernt in den Räumen der Theater-A.-G. ein Hörraum eingerichtet, der es ermöglichte, die Darbietungen der Oper am Telephon zu verfolgen. Was die Bändchenapparate aufnehmen, wird verstärkt auf dem Drahtwege nach dieser Hörstelle übertragen und hier mit Rundfunkhörern wahrgenommen. Der Zweck der Einrichtung soll ja zunächst sein, die Operndarbietungen auf dem Telephondraht den Fernsprechteilnehmern einwandfrei zu übermitteln. Deshalb müssen schließlich an Stelle des Hörraums die Fernsprechämter treten, und diese müssen Zusatzeinrichtungen erhalten, damit entsprechend der Teilnehmerzahl, die hören will, das von der Oper Empfangene verstärkt werden kann.

Der Teilnehmer in seiner Wohnung erhält eine Steckdose zum Einstecken eines passenden Hörers für die Opernübertragung. Im übrigen kann der Teilnehmer trotz der Opernübertragung rufen und gerufen werden. Besondere Schwierigkeiten entstanden durch die große Verstärkung, welche die äußerst schwache Energie der Bändchenmikrophone erfahren muß, damit sie zur Speisung der Posttelephone ausreicht. Jede noch so unbedeutende Unregelmäßigkeit, jeder noch so geringfügige Erdschluß macht sich tausendfach geltend. Nur bei vollkommener Isolation und induktiv unbeeinflußter Leitung ist eine reine Wiedergabe möglich.

Es liegt nahe, die Oper außer auf Leitungen zum Telephonteilnehmer auch durch den Rundfunk zu übertragen, und tatsächlich sind solche Versuche wiederholt auch hier durchgeführt worden. Entsprechend dem Fortschreiten der im Opernhaus durchgeführten Arbeiten wurden die Ergebnisse nach und nach besser und besser, und die Übertragung erreichte schließlich eine solche Vollkommenheit, daß sie Herr Staatssekretär von Bredow am 14. Dezember als die beste bezeichnete, die er bis dahin gehört habe. Auch bei der Übertragung von der Oper zum Rundfunksender muß, um befriedigende Erfolge zu erzielen, dieselbe tadellose Beschaffenheit der Leitung zum Opernhaus selbst gefordert werden.

Durch den Rundfunk ist natürlich die Verbreitung eine allgemeinere und auch der Empfang in einiger Entfernung vom Sender viel reiner als hier in der Stadt. Man muß die Freude, ja Begeisterung der Rundfunkteilnehmer gesehen und gehört, man muß beobachtet haben, mit welcher Erwartung sie irgendeiner Operndarbietung entgegensehen, um zu verstehen, welchen Kulturfaktor diese neue Einrichtung gerade für diejenigen, welche die Außenposten der weit verzweigten Überlandanlagen innehaben, und für ähnlich beschäftigte Menschen bedeutet. Ja, wahrscheinlich wird in absehbarer Zeit in jedem Dorfe zu bestimmter Stunde an geeignetem Ort eine telephonische Opernaufführung stattfinden. Jedenfalls ist es möglich und von bestimmten Kreisen bereits in Aussicht genommen.

Man könnte fragen, weshalb eine Drahtübertragung aufs Telephonnetz der Reichspost überhaupt in Erwägung gezogen wird, wenn die Übertragung durch den Rundfunk einwandfrei möglich ist. Darauf wäre zu erwidern, daß nicht jeder Rundfunkteilnehmer Fernsprechanschluß hat und nicht jeder Fernsprechteilnehmer einen Rundfunkapparat. Ausschlaggebend aber ist, daß die Drahtübertragung zum Fernsprechteilnehmer von allen äußeren und Witterungseinflüssen unabhängig und so rein ist, daß auch musikalisch anspruchsvolle Menschen durchaus befriedigt werden, was sich ja bekanntlich von der Rundfunkübertragung nicht in allen Fällen und nicht unter allen Umständen sagen läßt. Namentlich in der näheren Umgebung der Sendestelle wird der Empfang häufig unrein, und gerade hier ist der Empfang durch den Draht sehr gut. Dazu kommt, daß keineswegs die Absicht besteht, durch den Rundfunk regelmäßig ganze Opern verbreiten zu lassen, sondern nur ausnahmsweise oder auch nur einzelne Akte und Musikstücke, während man beabsichtigt, auf dem Drahtwege wenigstens zweimal in der Woche je eine vollständige Oper zu übertragen, wenn die technischen Bedenken, die jetzt noch wegen der Störung des normalen Betriebes bei der Post bestehen, beseitigt sind.

Nomogramm zur Berücksichtigung der Winkelfehler bei Leistungsmessungen mit Meßwandlern

Von Dr.-Ing. Georg Keinath, Meßinstrumentenabteilung der Siemens & Halske A.-G.

Die direkte Leistungsmessung bei Hochspannungsapparaten wird heute nur noch selten ausgeführt, nachdem man erkannt hat, daß die Messung mit Meßwandlern nicht nur ungefährlich, sondern in den meisten Fällen auch genauer ist als die unmittelbare Messung. Der Bau von Leistungsmessern für hohe Stromstärken ist sehr schwierig, und es ist unmöglich, für einen Leistungsmesser für einen Nennstrom von 200 oder 400 A dieselbe Genauigkeit zu erzielen wie für einen Leistungsmesser für 5 A. Infolge der unvermeidlichen Stromverdrängung in der Feldspule treten Fehlwinkel von 10 bis 30 Minuten auf, die sehr umständlich zu kompensieren sind und doch immer noch einen Fehlwinkel von 5 bis 10 Minuten zurücklassen.

Es ist deshalb viel zweckmäßiger, sich daran zu gewöhnen, alle Hochspannungsmessungen über Meßwandler auszuführen.

Es gibt nur einige wenige Fälle, wo man mit der Leistungsmessung über Meßwandler auf Schwierigkeiten stößt; das sind jene, bei denen die zu messende Leistung einen sehr kleinen Leistungsfaktor hat, z. B. bei der Verlustmessung von Kabeln, bei der Leerlaufmessung von Transformatoren u. dgl. Man muß dann die durch

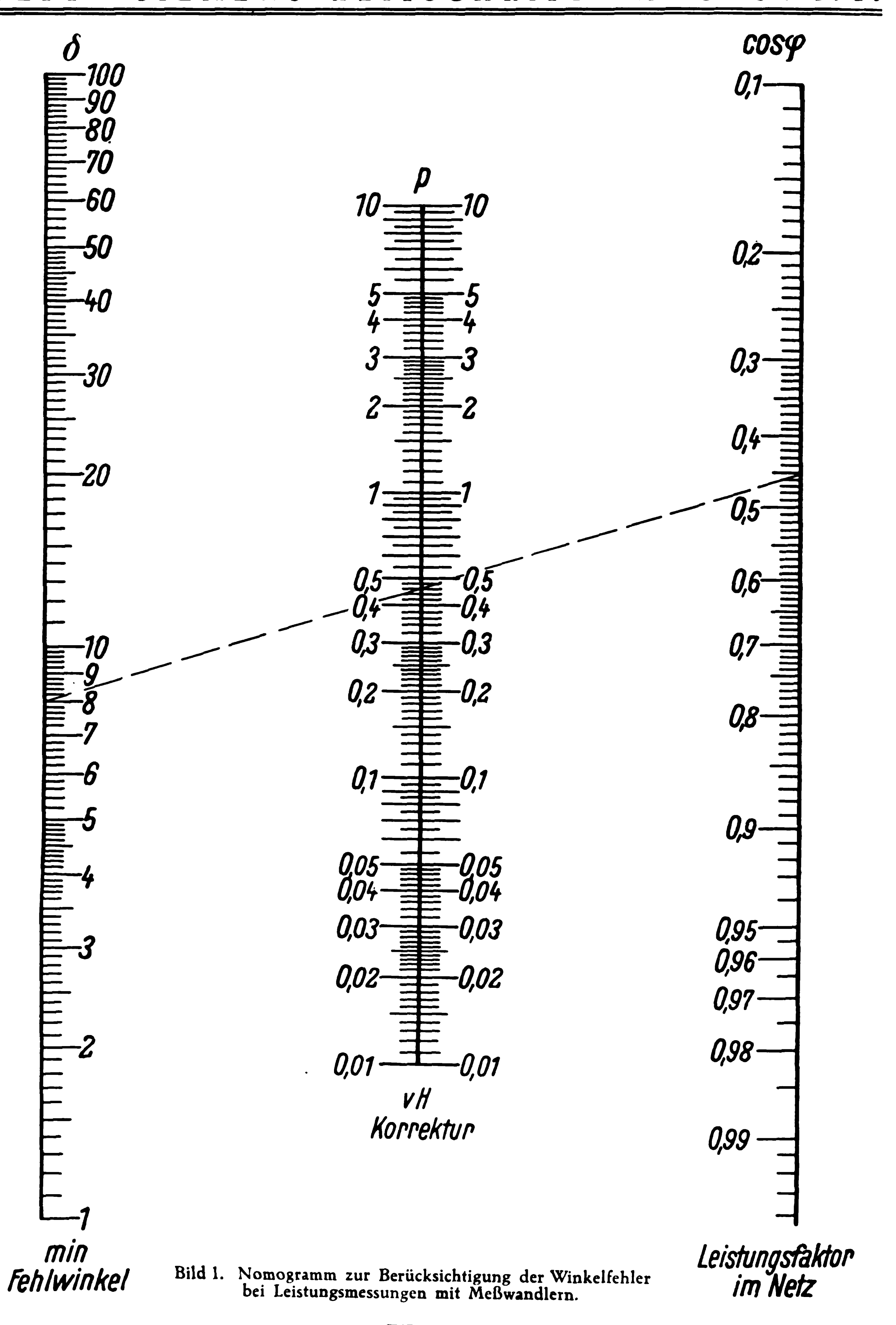


Bild 1. Nomogramm zur Berücksichtigung der Winkelfehler bei Leistungsmessungen mit Meßwandlern.

die benutzten Strom- und Spannungswandler hinzugekommenen Fehlwinkel berücksichtigen. Die zu messende Leistung sei

$$P = E \cdot J \cdot \cos \varphi.$$

An ihrer Stelle mißt man die Größe

$$P = E \cdot J \cdot \cos (\varphi \pm \delta),$$

wobei δ die Summe der Fehlwinkel von Strom- und Spannungswandler ist. Der durch das Einfügen des Fehlwinkels δ entstehende prozentuale Fehler ist in erster Annäherung für einen kleinen Winkel δ gegeben durch die Gleichung

$$p = \delta \cdot \frac{\pi}{108} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

wobei δ in Minuten einzusetzen ist.

Trotz der Einfachheit dieser Gleichung ist die Auswertung etwas unbequem, weil man aus dem Leistungsfaktor erst noch tg φ berechnen muß.

Wie für viele andere Zwecke läßt sich auch hier mit Vorteil eine nomographische Tafel verwenden. Die hier wiedergegebene Tafel (Bild 1) ermöglicht es mit einer einzigen Einstellung für Leistungsfaktoren von 0,1 bis 0,994 und Fehlwinkel von 1 bis 100 Minuten unmittelbar die Prozentkorrektur zu ermitteln, wie es die punktierte Linie angibt für

$\cos \varphi = 0{,}45 \quad \delta = 8$ min $\quad$ zu $p = 0{,}46\%$

Die Tafel läßt sich in der gleichen Weise für Spannungswandler benutzen. Um bei Verwendung von Strom- und Spannungswandlern den Gesamtfehler zu bestimmen, sind entweder die Korrekturen einzeln zu bestimmen, oder besser die Fehlwinkel unter Berücksichtigung des Vorzeichens des Fehlwinkels zu addieren.

Voraussetzung ist aber immer auch, daß die Lage des Fehlwinkels einwandfrei bekannt ist. Man hat sich dabei den Sekundärstrom oder die Sekundärspannung im Vektordiagramm um 180° herumgeklappt zu denken. Eilt dann die Sekundärgröße vor, so wird der Fehlwinkel als positiv bezeichnet.

Die Tabellen geben Aufschluß über die normale Lage des Fehlwinkels bei Meßwandlern und das Anbringen der Korrektur.

Normale Lage des Fehlwinkels.

Wandler	Bürde	Fehlwinkel
Strom	induktionsfrei .	positiv
„	stark induktiv $\delta > 60°$ bei vollem Strom	negativ (selten)

Bei Spannungswandlern ist der Fehlwinkel selten größer als 5 Minuten, in der Regel positiv.

Anbringen der Korrekturen für Strom- oder Spannungswandler.

Netzbelastung	Fehlwinkel	Korrektur
Induktiv	positiv	subtrahieren
„	negativ	addieren
kapazitiv	positiv	addieren
„	negativ	subtrahieren

Für Strom- und Spannungswandler.

Netzbelastung	Fehlwinkel des Stromwandlers	Fehlwinkel des Spannungswandlers	Fehlwinkel	Korrektur
induktiv	positiv	positiv	Differenz	subtrahieren
„	negativ	negativ	„	addieren
„	positiv oder negativ	negativ oder positiv	Summe	subtrahieren, wenn positiver Fehlwinkel größer als negativer; addieren, wenn negativer Fehlwinkel größer als positiver
kapazitiv	positiv	positiv	Differenz	addieren
„	negativ	negativ	„	subtrahieren
„	positiv oder negativ	negativ oder positiv	Summe	addieren, wenn positiver Fehlwinkel größer als negativer; subtrahieren, wenn negativer Fehlwinkel größer als positiver

Vorbeugender Schutz durch den Löschtransformator gegen Betriebsunterbrechungen

Von Richard Bauch.

(Schluß).

Der Löschtransformator in der Praxis.

Im folgenden werden Versuchsergebnisse und praktische Erfahrungen wiedergegeben. Die Versuche sind samt und sonders in Netzen ausgeführt, die im Betriebe sind. Dabei ist man bemüht gewesen, den in der Praxis auftretenden Verlauf einer Erdschluß-Lichtbogenzündung nachzuahmen. Die Versuche sind also keine Laboratoriumsversuche, sondern ähneln möglichst getreu den praktischen Vorgängen.

Zündung und Löschung sind verschieden, je nach den Mitteln, durch die sie eingeleitet werden. Überbrückt man einen Isolator durch einen angesäuerten feuchten Faden, dann hat man ungefähr die Verhältnisse, wie sie auftreten, wenn ein nasser Strohhalm den Erdschluß einleitet. Ähnlich dürften auch die Dinge liegen, wenn ein Sprung eines Isolators durch anhaltenden Regen Feuchtigkeit aufgesaugt hat. In diesem Fall fließt zuerst ein schwacher Strom über die feuchte Verbindungsstrecke, und zwar so lange, als noch Feuchtigkeit vorhanden ist. Nach dem vollständigen Verdampfen setzt erst der eigentliche Lichtbogen ein, der dann ähnlich wie der Lichtbogen, Bild 4, weiterbrennt. Mit Löschtransformator ist die verdampfte Wassermenge so gering, daß der Lichtbogen sich erst gar nicht ausbilden kann, Bild 23. Bemerkt sei hierzu, daß der Erdschlußstrom in diesem Fall rund 8 A gewesen wäre, während er durch den Einfluß des Löschtransformators an der Fehlerstelle nur geringfügig ist. Der Verdampfungsvorgang hat 2 Per gedauert, ohne daß inzwischen eine merkliche Absenkung der Spannung eintrat und ohne daß eine Zündung folgte. Der geringe Ausgleichstrom, der über den Nullpunkt des Löschtransformators ohne Erdschluß fließt, ist durch Ungleichheiten der Teilkapazitäten des Netzes nach Erde veranlaßt.

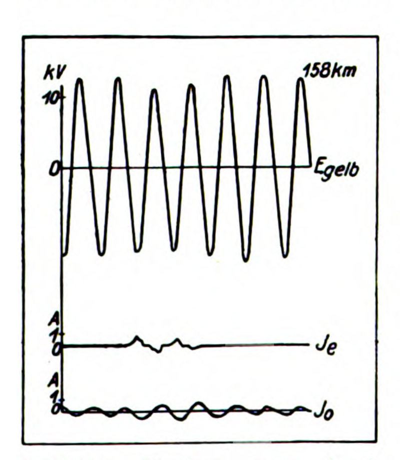


Bild 23. Löschen eines durch angesäuerten Faden eingeleiteten Erdschlusses.
J_e = Reststrom.
J_o = Löschstrom.

Kräftiger wird der Lichtbogen eingeleitet durch einen Vogel, der beispielsweise den Draht anpickt, während er auf der Traverse sitzt. Die diesen Vorgang nachahmende Anordnung ist für die Zündung des Lichtbogens dadurch besonders günstig, daß infolge geringen Fadenwiderstandes sofort ein kräftiger Strom einsetzt, der die Feuchtigkeit und den Faden sehr schnell vergast. Dadurch ist der kurze Elektrodenabstand stark ionisiert, so daß der Lichtbogen sicher und sofort kräftig einsetzt. Bild 24 zeigt den Vorgang analog dem Oszillogramm Bild 4, aber mit Löschtransformator. Hierbei ist besonders zu betonen, daß dieser Isolator in dem Augenblick an das Netz angeschaltet wird, in dem die Spannung dieses Pols nach Erde durch Null geht. In diesem Fall geht der Erdschlußstrom als kapazitiver Strom durch sein Maximum. Bild 4 und 24 sind in gleichem Maßstab aufgenommen. Man ersieht daraus, daß der Löschtransformator nicht nur keinen Ruckstrom (rusheffect) über die Fehlerstelle sendet, sondern daß sogar der Strom kleiner ist als ohne Löschtransformator.

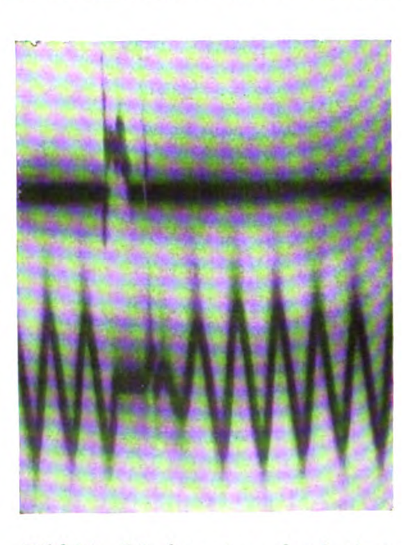


Bild 24. Löschen eines durch einen pickenden Vogel eingeleiteten Erdschlußlichtbogens (vgl. Bild 4).

Der Lichtbogen selber ist nach einem Wechsel abgerissen. Im nächsten Wechsel wurden wegen der Kürze der Gasstrecke und ihrer hohen Erwärmung noch einige Nach-



Bild 25. Photographische Zeitaufnahme des Löschvorganges. Bild 24.

zündungsversuche gemacht, die aber vollständig ergebnislos sind. Dieses Oszillogramm ist nicht mit Oszillogrammen zu vergleichen, die man bei der Unterbrechung eines Erdschlusses durch Ziehen mittels Trennmessers erhält. Das Trennmesser wird im allgemeinen erheblich schneller bewegt, als die Kette fällt. Nach Ablauf des ersten Wechsels ist ihre Geschwindigkeit nur 9,8 cm/s. Bild 25 zeigt eine Photographie, die gleichzeitig mit dem Oszillogramm aufgenommen wurde. Dabei war das Objektiv vor der Einleitung geöffnet und wurde erst nach dem Löschen geschlossen. Diese Aufnahme ist mit Bild 6 zu vergleichen, doch ist dabei zu bedenken, daß Bild 6 mit ziemlich eng geschlossener Blende, Bild 25 aber mit ganz offener Blende aufgenommen wurde, weil die Aufnahme Bild 6 nur sehr flau ausfiel. Zu Bild 7 gehört Bild 26. Man sieht, wie der riesige Lichtbogen von 55000 V-Netzspannung zu einem Zwerg zusammengeschrumpft ist. Auch von dem intermittierenden Erdschluß in Bild 8 wurden Oszillogramme mit dem Löschtransformator aufgenommen, Bild 27. Man sieht hier zuerst zwei ganz kurze Unterbrechungen der Spannung und der Nullinie des Erdschlußstromes. Der Strom des Zündungsfunkens ist so schnell angestiegen und wieder zusammengebrochen, daß der Lichtstrahl des Oszillographen hierfür keinen Strich ziehen konnte. Erst beim dritten Mal zündete ein Lichtbogen durch den dünnen Kanal des Isolators, um sofort zu erlöschen.

Wie man aus den Oszillogrammen (Bild 24 und 27) sieht, ist die Brenndauer des Lichtbogens sehr kurz. In der Schnelligkeit des Löschens wird der Löschtransformator von keiner anderen Vorrichtung übertroffen, wenn die Versuche unter gleichen Bedingungen ausgeführt werden.

Aus denselben Oszillogrammen ersieht man auch, wie sanft die zusammengebrochene Sternspannung sich wieder auf ihren normalen Wert einschwingt. Diese günstigen Ergebnisse der Versuche werden auch aus der Praxis bestätigt. So schreibt ein Überlandnetz: „In den Sommermonaten, besonders im Juli und August, hatten wir früher sozusagen täglich Erdschlüsse auf unseren 22 kV-Linien, verursacht durch Vögel. Seitdem der Löschtransformator in Betrieb genommen ist, ist dieses ganz geändert worden, und wir meinen, jetzt keinen einzigen Erdschluß gehabt zu haben.“ — Ein anderes Unternehmen schreibt: „Wenn auch der letzte Sommer infolge

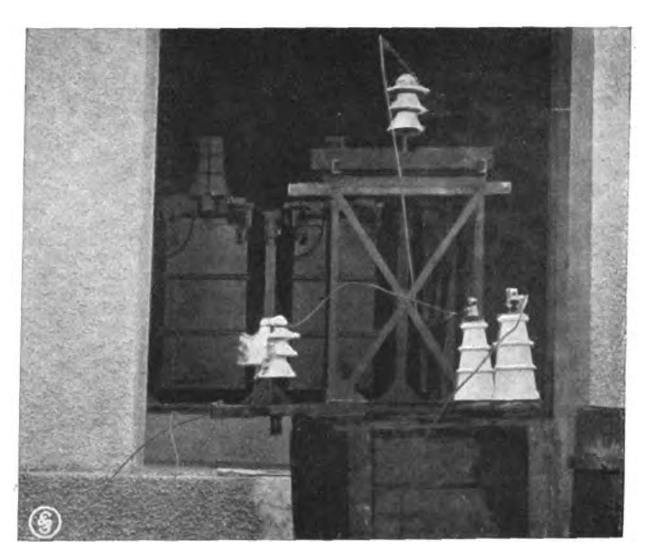


Bild 26. Löschen eines Lichtbogens von 55 A Erdschlußstrom in einem 55 kV-Netz (vgl. Bild 7).

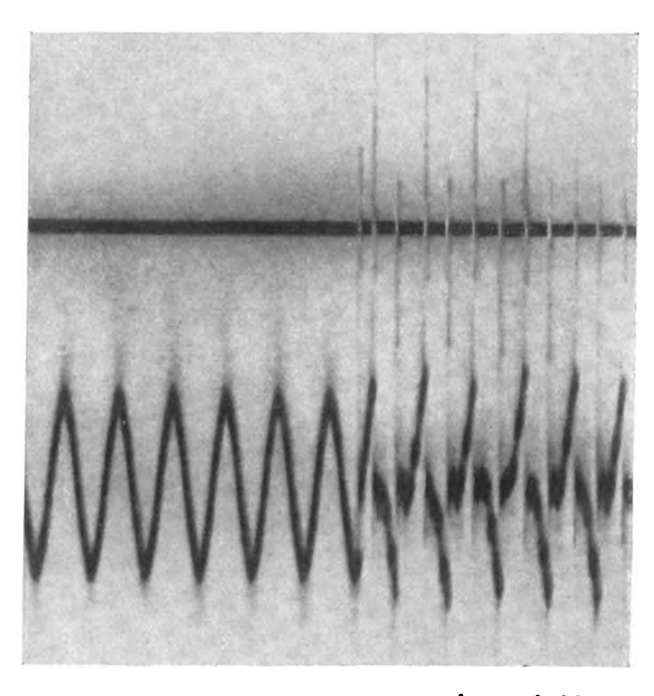


Bild 27[1]). Löschen eines intermittierenden Erdschlusses in einem punktierten Isolator.

[1]) Die Bilder 8 und 27 sind vertauscht, die Unterschriften stehen auf der richtigen Seite.

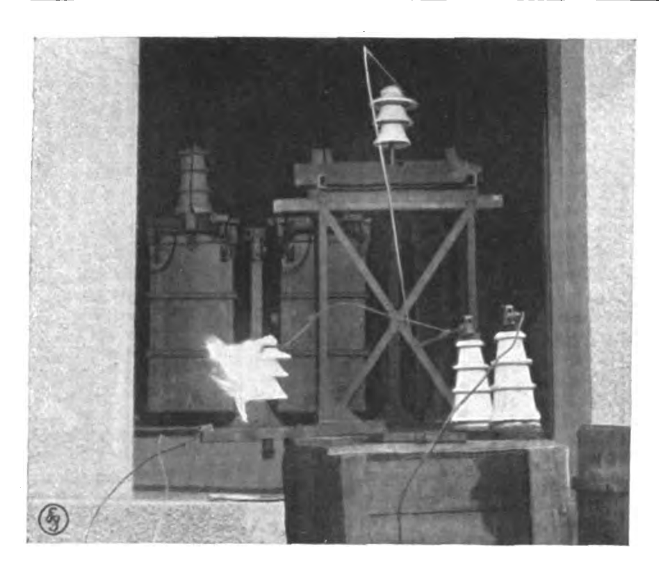


Bild 28. Löschen eines Erdschlußlichtbogens von 70 A in einem 55 kV-Netz mit nur 55 A Löschstrom, also 20% Unterkompensation.

unerheblicher Gewitterbildungen für den Löschtransformator nur wenig Gelegenheit zur Betätigung bot, so hat er uns doch mehrfach gegen die Folgeerscheinungen der im Herbst stattfindenden Vogelzüge und in diesem Frühjahr bei Schneeschmelzen und starken Stürmen vor größeren Störungen auf den Leitungsstrecken in erfreulicher Weise geschützt." — Eine dritte Stelle teilte mit: „Während früher sehr häufig die Freileitungsschalter auslösten, namentlich bei Schneestürmen, sind sie seit Inbetriebnahme des Löschtransformators nicht mehr herausgefallen, auch nicht bei dem starken Schneefall vor zehn Tagen." Aber auch über Gewitter liegen Beobachtungen vor. So wird von einem anderen Werk bestätigt, daß der Löschtransformator regelmäßig bei zwölf in der Nähe der Leitung niedergehenden Blitzschlägen angesprochen hat, wobei in dem Netz immer noch Isolatoren aus den Jahren 1913/14 vorhanden sind, die durch ihre Kopfsprünge usw. zu Durch- und Überschlägen neigen. Nur ein einziger Blitz, der eine Leitung selber traf und dort vier Isolatoren verschiedener Polarität zertrümmerte, veranlaßte Auslösen des betreffenden Schalters. Wertvoll ist auch die Schilderung zweier außergewöhnlich heftiger Gewitter, die weiter unten wiedergegeben wird.

Normal werden die Löschtransformatoren für zweistündigen Erdschlußbetrieb geliefert, gleichgültig, ob in der Anlage Erdschlußrelais vorhanden sind oder nicht. Auf besonderen Wunsch des Kunden werden sie für kurzzeitigen oder zehnstündigen Betrieb unter Erdschluß geliefert. Aber sogar die für kurzzeitige Belastung gebauten älteren Löschtransformatoren lassen mit Erdschluß einen Betrieb von mindestens 20 Minuten zu.

Die Regelbarkeit des Löschtransformators wird durch die Regeldrossel bestimmt. Sie kann natürlich in beliebig weiten Grenzen gewählt werden. Dabei ist aber zu bedenken, daß ein sehr großer Regelbereich die Kosten für die Drossel wesentlich verteuert, weil der größte Querschnitt der Drosselwicklung sich nach dem größten Löschstrom und ihre größte Windungszahl sich nach dem kleinsten Löschstrom richtet. Dazu kommt noch, daß die Spannung an der Regeldrossel bei Erdschluß vom Erdschlußstrom selber nahezu unabhängig ist, so daß bei einem sehr weiten Regelbereich die hohe, für den kleinsten Erdschlußstrom erforderliche Windungszahl in der Drossel selber eine wesentlich höhere Spannung ergibt als an den Klemmen. Hierdurch werden wieder die Isolierungskosten erhöht. Es ist deshalb zweckmäßig, in einem solchen Fall zwei Regeldrosseln parallel zu schalten oder nach Bedarf einzeln zu verwenden. Im allgemeinen aber wird man mit wenigen Regelstufen auskommen, die auch nicht sehr fein gewählt zu werden brauchen. Die Eigenschaften des Löschtransformators gestatten es, bei Umschaltungen des Netzes infolge einer teilweisen Lieferungsunterbrechung mit einer ziemlich groben Verstimmung zu fahren, ohne daß dadurch die Schutzwirkung des Löschtransformators wesentlich leidet. Die Bilder 24 und 27 sind beispielsweise aufgenommen worden mit einem Löschtransformator, der nur für 55 % der Netzlänge ausreicht. Es war also ein kapazitiver Überschuß von 45 % des gesamten Erdschlußstromes vorhanden. Während es sich hier aber nur um verhältnismäßig kleine Erdschlußleistungen handelt, gibt Bild 28 einen Löschversuch mit erheblicher Verstimmung eines großen Löschtransformators. Dieses Bild wurde in demselben Netz wie Bild 26 aufgenommen und ist gleichfalls mit Bild 7 zu vergleichen. Während aber Bild 26 bei ziemlich genauer Einstellung des Löschtransformators auf 55 A Erdschlußstrom aufgenommen wurde, ent-

spricht Bild 28 einem Erdschlußstrom von 70 A bei nur 55 A Löschstrom. Es ist also der ansehnliche Rest von 15 A bei 55000 V Netzspannung nicht ausgeglichen. Ohne Löschtransformator steht ein Lichtbogen dieser Leistung sicher fest und zerstört den Isolator oder brennt den Leitungsdraht ab. Eine besonders bemerkenswerte Leistung gibt der in Bild 29a dargestellte Löschtransformator. Er hat überhaupt keine Einstellung an der Regeldrossel, da er für ein ziemlich kleines Netz von 5,8 A Erdschlußstrom geliefert worden ist. Inzwischen ist das Netz aber so gewachsen, daß der Erdschlußstrom 19 A beträgt, also mehr als $3^1/_2$ mal so groß wie der Löschstrom ist. Trotzdem löscht dieser Löschtransformator auch unter den erschwerenden Verhältnissen des „pickenden Vogels" zuverlässig. Wenn er auch nicht in so hohem Grade wie bei richtiger Abstimmung Störungen vorbeugen kann, so ist doch nach Äußerungen der Besitzerin die Zahl der Störungen trotz alter zu Kopfrissen neigender Isolatoren in diesem Netz nur gering.

Beim Einbau des Löschtransformators in eine Anlage wird er mittels Trennmessers unmittelbar an die Sammelschienen gelegt. Ein Ölschalter ist zu vermeiden. Kleine Löschtransformatoren bis zu 30 kV können nach Öffnung ihres Sekundärkreises mit diesen Trennmessern geschaltet werden, ohne daß gefährliche hochfrequente Erscheinungen hierbei auftreten. Die Unterspannungsseite erhält einen Schalter, um den Kreis der Regeldrossel zu unterbrechen, und soviel Trennmesser als Regelstufen vorgesehen sind. Zweckmäßigerweise verlegt man in sehr großen Baulichkeiten die Regeldrossel mit diesen Apparaten in die Nähe des Bedienungsraumes, damit man leicht und schnell eine Änderung der Einstellung vornehmen kann. Da die Regeldrossel, wenn auch nicht gerade mit Niederspannung, so doch mit einer geringeren Spannung als das Hauptnetz arbeitet, kann man dieser Forderung im allgemeinen leicht Folge leisten. Eine solche Anordnung ist gerade in großen Stationen deswegen wichtig, weil beispielsweise der Weg bis zur Hochspannungsabteilung des Gebäudes während einer Betriebsstörung zuviel Zeit kostet; dieser weite Gang während des Netzumschaltens wird gern vermieden. Nachher, wenn alles wieder in Ordnung ist, wird diese Maßnahme leicht vergessen. Zweckmäßigerweise kann man den Löschtransformator zum Anzeigen der drei Spannungen nach Erde benutzen. Außerdem rüstet man ihn mit einer Signalhupe aus, die jedesmal bei Erdschluß ertönt. Diese Hupe liegt parallel zu einem etwa einzubauenden Registrierapparat, der jeden Erdschluß vermerkt. Da aber gelöschte Erdschlüsse häufig zu kurze Zeit bestehen, um den leichten Zeiger des Registrierapparates zu bewegen, bietet die Hupe mit ihrem kurzen Ton ein gutes Mittel, um den Schalttafelwärter aufmerksam zu machen. Bild 29b zeigt eine Tafel mit den genannten Apparaten. Links unten ist noch das Relais sichtbar, das dazu dient, den Löschtransformator bei dauerndem Erdschluß zu verstimmen, damit die hiervon befallene Leitung durch ihren Automaten abgeschaltet werden kann. Bild 30a und b zeigen einen Löschtransformator für 30 kV mit Voltmetern sowie die Regeldrossel mit den Anzapfungen usw.

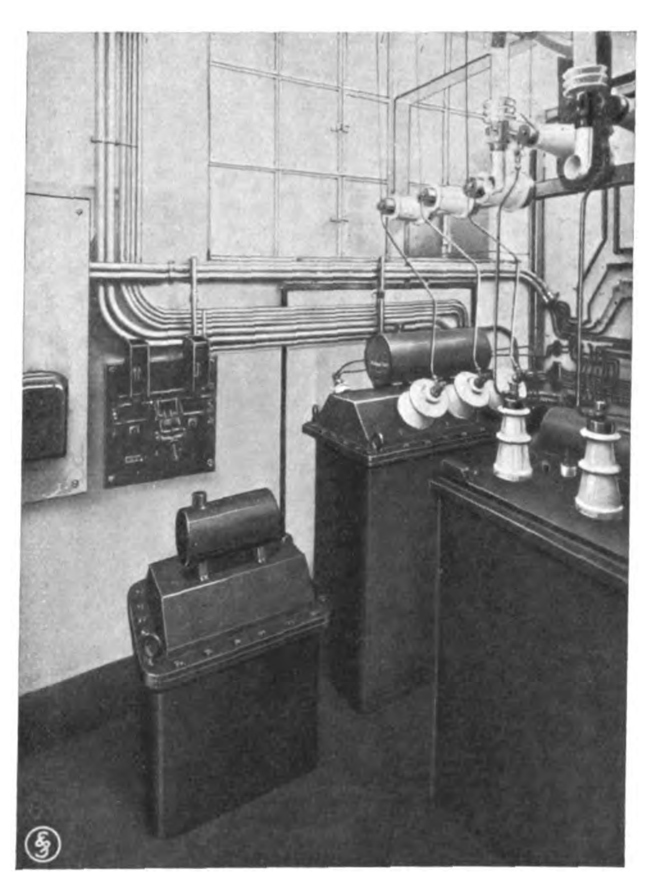


Bild 29a. Nachträglich in die Zelle des Stationstransformators eingebauter Löschtransformator mit Regeldrossel und Verstimmungsschalter.

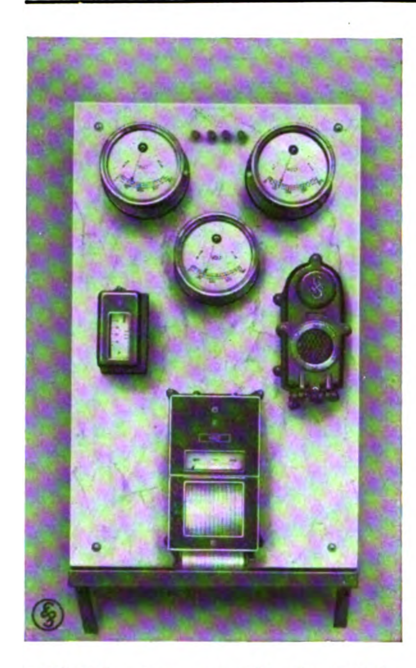


Bild 29b. Apparatur für den Löschtransformator, Bild 29a, Erdschluß-Voltmeter, Registrierschreiber, Relais zum Verstimmen bei dauerndem Erdschluß und Hupe.

Die Forderung, daß man mit Verstimmung fahren kann, erfüllt nach dem oben Gesagten der Löschtransformator in hohem Maße. Je größer die Erdschlußstromstärke, um so genauer muß allerdings die Einstellung sein. Man hat aber bei ihm eine sehr große Handlungsfreiheit dadurch, daß er einerseits keine Verstimmung braucht, um der Gefahr von Resonanzspannungen vorzubeugen, andererseits aber keine sehr genaue Einstellung braucht, um noch sicher löschen zu können. Da auch die Schrittspannung reduziert wird, entsprechend der Genauigkeit der Abstimmung, und eine Reduktion der Schrittspannung auf $^1/_{10}$—$^1/_{20}$ ihres ohne Löschtransformator auftretenden Wertes im allgemeinen ausreicht, so hat man außer dieser Handlungsfreiheit auch noch hohe Sicherheit.

Die Eigenschaft des Löschtransformators, auch noch bei Verstimmung seine Schuldigkeit zu tun, macht ihn auch unabhängig von den im Betrieb vorkommenden Spannungs- und Frequenzschwankungen.

Das vorbeugende Verhindern von Durch- und Überschlägen beweist am besten die praktische Erfahrung. Es ist zwar einmal gelungen, einen Löschtransformator auf ein Netz zu schalten, in dem sich nach Angabe des Erdschlußanzeigers ein solcher Fehler langsam entwickelte, wobei der Fehler nach drei bis vier Tagen Betrieb mit Löschtransformator verschwunden war, ohne daß man seinen Ort finden konnte. Aber solche Erfahrungen zu sammeln ist Zufallssache, so daß man darüber kein Material beibringen kann. Wesentlich sind aber die Äußerungen der Betriebsleitungen über den Rückgang von Störungen nach dem Einbau des Löschtransformators. Die Betriebsleitung einer Braunkohlengrube, deren Netz früher viel unter Störungen zu leiden hatte, sagte, daß Störungen in der Schaltanlage und an den Turbogeneratoren infolge von Drahtbrüchen, Erdschlüssen und Kurzschlüssen usw. auf etwa $^1/_{10}$ zurückgegangen sind. Eine andere Betriebsleitung gab eine vergleichende Aufstellung der Störungen vom August 1922 und August 1923. Das Werk hatte im August 1922 insgesamt zwölf Störungen, d. h. Lieferungsunterbrechungen von einigen Minuten bis zu mehreren Stunden Dauer bei 140 km Netzlänge. Im darauffolgenden Jahr bei doppelter Netzlänge dagegen nur vier, so daß also die Zahl der Störungen für gleiche Netzlänge auf $^1/_6$ zurückgegangen war. Im Zusammenhange hiermit sei auf die obige Mitteilung eines anderen Werkes bezüglich der Schneestürme verwiesen. Zusammenfassend kann man sagen, daß tatsächlich nach dem Einbau des Löschtransformators die Betriebsunterbrechungen zurückgegangen sind, wodurch die vorbeugende Wirkung bewiesen ist.

Mit zu der vorbeugenden Wirkung gehört auch natürlich das Verhalten des Löschtransformators gegen Gewitter und Überspannung. Besonders wichtig in dieser Beziehung ist die Mitteilung, daß seit dem Einbau des Löschtransformators die vorhandenen Hörner viel seltener ansprechen, trotzdem an ihrer Einstellung nichts geändert worden ist. Von anderer Seite wird bestätigt, daß die vorhandenen Transformatoren wesentlich geschont werden. So teilte ein Werk unaufgefordert mit, daß bei einem ungewöhnlich schweren Gewitter, bei dem nach der Schilderung der Blitz viele Male in die Leitungen eingeschlagen hat, kein einziger Transformator in seiner Wicklung durchschlug. Das betreffende Werk hebt ausdrücklich hervor, daß es bei ähnlich schweren Gewittern früher nicht selten sechs bis acht Transformatorschäden gehabt hat. Dabei handelt es sich in diesem Netz mit 240 Stationen nur um ziemlich kleine Leistungen, die 40 kVA nicht überschreiten. Dabei wurde bei diesen beiden Gewittern so lange mit Erdschluß gefahren, wie die Streckenschalter überhaupt hielten.

Daß auch die Schutzwirkung bei Gewittern durch das größere oder geringere Maß der Ver-

stimmung nicht beeinträchtigt wird, hat der in Bild 29a dargestellte Löschtransformator bewiesen, wie aus der sehr sorgfältig geführten Statistik des betreffenden Überlandnetzes hervorgeht. Im Jahr 1922 ohne Löschtransformator wurden in diesem Netz durch Blitzschläge etwa 20 Holzmaste zersplittert. Außerdem wurden 232 Isolatoren während dieser Gewitter zerstört. In dem Jahr 1924 mit Löschtransformator wurden 33 Holzmaste zersplittert und 72 Isolatoren zerstört. Dabei war die Zahl der Gewitter in den beiden Vergleichszeiten nahezu gleich, nämlich 7 bzw. 8. Aus den angesplitterten Masten ergibt sich, daß die Gewitter während der Betriebszeit mit Löschtransformator schwerer waren als in der vorhergehenden Zeit. Nimmt man die Zahl der beschädigten Holzmaste als Maß, dann ergeben sich aus der Betriebszeit ohne Löschtransformator

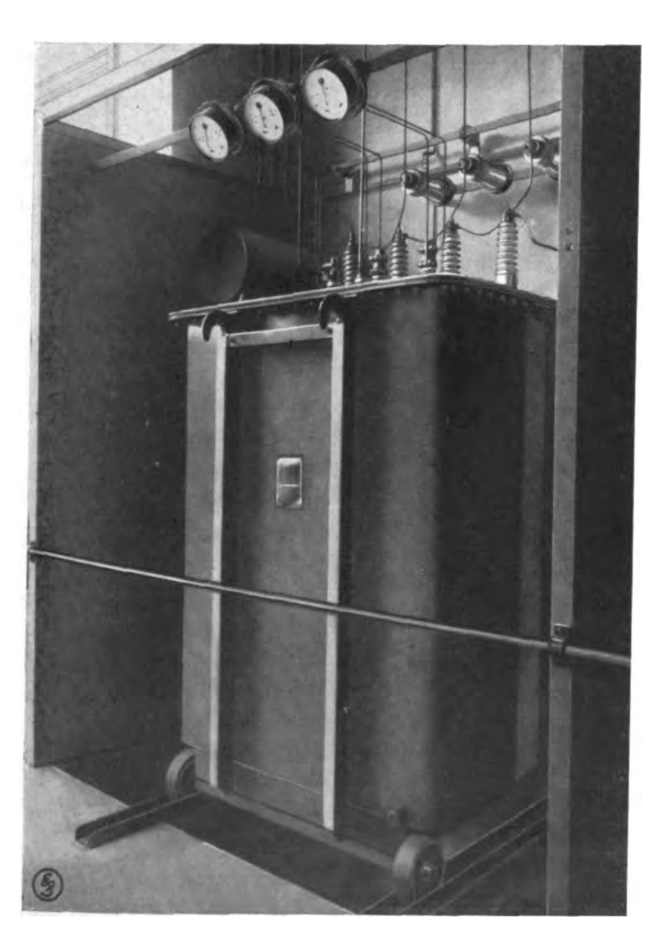


Bild 30a. Löschtransformator für 30 A bei 30 kV.

je angesplitterten Holzmast 11,6 zerstörte Isolatoren, während bei Löschtransformator je Mast nur 2,2 Isolatoren zerstört wurden. Die

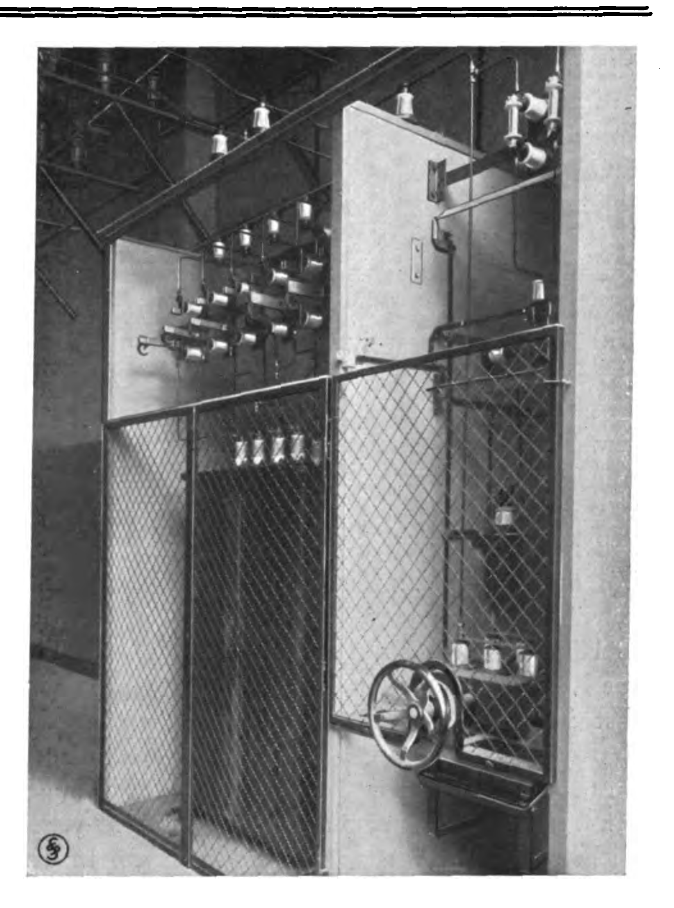


Bild 30b. Regeldrossel mit sechs Anzapfungen und Sekundärschalter für den Löschtransformator Bild 30a.

Schädigung an Isolatoren mit Löschtransformator ist also um 81% zurückgegangen. Dabei hebt die Werksleitung ausdrücklich hervor, daß sie noch sehr viele Isolatoren aus dem Jahre 1913 und folgende hat, die zu Kopfrissen neigen.

Aus obigen Betriebserfahrungen ergibt sich, daß die manchmal geäußerte Befürchtung, der Löschtransformator könne durch seine vorbeugende Wirkung Fehler so lange verschleiern, bis sie sich schließlich in Zusammenbrüchen großer Netzteile bemerkbar machen, unbegründet ist. Im Gegenteil, die Erfahrung lehrt, daß Abschaltungen infolge Beschädigungen erheblich seltener geworden sind. Resonanzgefahr hat sich bisher in keinem einzigen Fall bemerkbar gemacht. Kein einziger Löschtransformator wurde aus diesem Grunde an der Inbetriebsetzung verhindert.

Die Unkosten setzen sich aus folgenden Posten zusammen:

Anschaffungspreis des Löschtransformators und seiner Apparatur, sowie die Kosten des umbauten Raumes und die dauernden Betriebskosten.

Letztere bestehen aus den Kosten des Eigenverbrauchs, Verzinsung und Amortisation. Die einmaligen Anschaffungskosten für den Löschtransformator sind etwas höher als für andere Löschersysteme, ohne aber den häufig behaupteten drei- bis vierfachen Betrag bei gleichartiger Kalkulation zu erreichen. Der gelegentlich eingewendete hohe Platzbedarf wird überschätzt. Bild 29a zeigt einen nachträglich in eine Station eingebauten Löschtransformator mit Regeldrossel, der, wie man sieht, in eine Ecke neben dem Stationstransformator eingebaut ist. Die zugehörige Apparatetafel, Bild 29b, ist an der Wand befestigt.

Beim nachträglichen Einbau eines sehr großen Löschtransformators für sehr hohe Spannung steht gewöhnlich nichts im Wege, ihn außerhalb des Gebäudes als Freiluftapparat aufzustellen. Für die Regeldrossel mit den Trennmessern usw. ist fast immer ein bescheidenes Plätzchen in der Station selber noch zu finden. In Neuanlagen läßt sich ebenfalls im Grundriß selber fast immer ein Platz finden, der an und für sich deswegen nicht gebraucht wird, weil der Grundriß in den verschiedenen Stockwerken oder an den beiden Längsfronten bei einstöckigen Gebäuden verschieden ausgenutzt wird. Als Anschaffungskosten kommen demnach nur die eigentlichen Kosten des Aggregates in Frage. Soll man nun schon bei einem Apparat, der den wichtigen Zweck hat, Störungen vorbeugend zu bekämpfen, nicht sehr auf den Preis sehen, so darf man nicht vergessen, daß nach den bisher in der Praxis gesammelten Erfahrungen, beispielsweise durch Ersparnis an Reparaturkosten für Transformatoren, die Anschaffungskosten des Löschtransformators in wenigen Jahren wieder hereingeholt sind.

Zum Schluß sei noch hervorgehoben, daß der Löschtransformator keinerlei Gefahren in den Betrieb hineinbringt. Die Hörner sprechen nach seinem Einbau nicht häufiger, sondern seltener an; man hat deshalb nicht nötig, ihre Schlagweite zu vergrößern. Auch werden nicht auffallend viel Isolatoren, mit denen man noch jahrelang hätte Betrieb machen können, beim ersten Gewitter zertrümmert werden. Ebenso sind nach dem Einbau des Löschtransformators keine Durchschläge in der Nähe der Transformatoren-Nullpunkte oder dergleichen beobachtet worden.

Alles in allem kann man sagen, daß der Löschtransformator sich in den Betriebsjahren, auf die er jetzt zurückblickt, als ein Mittel zur Einschränkung von Stromlieferungsunterbrechungen nicht nur in kleinen Netzen, sondern auch in großen Hochspannungsnetzen bewährt hat.

KLEINE MITTEILUNGEN

Umspannwerk Hildesheim der Großkraftwerk Hannover Akt. Ges.

Von Oberingenieur P. Raebiger.

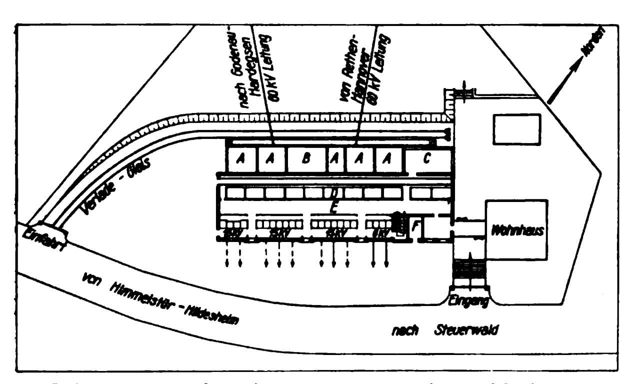


Bild 1. Lageplan des Umspannwerks Hildesheim.
A = Transformatoren, B = Drehtransformator, C = Werkstatt, D = Ölschalterzellen 60 kV, E = Ölschalter-Bedienungsgang, F = Batterie

Das in unmittelbarer Nähe der Stadt Hildesheim an der Landstraße von Himmelstür nach Steuerwald errichtete Umspannwerk Hildesheim dient in erster Linie zur Versorgung der Stadt Hildesheim und seiner Industrie.

Die Lage des Umspannwerkes im Gelände und die Führung der 60, 15 und 6 kV-Leitungen sind aus Bild 1 ersichtlich. Auch die bauliche Ausführung einschließlich der Fassade und des Wohnhauses wurde von den SSW entworfen (Bild 2). Die Leitungsein- und ausführungen bestimmen den Gebäudegrundriß. Die Anordnung besteht in der Hauptsache darin, daß parallel zum 60 kV-Schalthaus das 15 kV-Schalthaus liegt und beide unter einem gemeinsamen Dache angeordnet sind. Daraus ergeben sich zwei parallele Gänge und zwar ein Bedienungsgang für die beiderseitig zugänglichen Transformatoren- und Ölschalterzellen und ein Bedienungsgang zwischen beiden Schalthäusern als Betätigungsraum für die Ölschalterantriebe und zur Beobachtung der erforderlichen Meßgeräte (Bild 3). Um bei der beträchtlichen Länge des gleich für vollen Aufbau erstellten Gebäudes den rund 43 m langen Bedienungsgang ausgiebig durch Tageslicht zu beleuchten, wurden an der Süd-Ost-Fassade des Gebäudes drei große Lichtschleusen angeordnet, die gleichzeitig dieser Ansicht des Gebäudes ein charakteristisches Gepräge geben.





Bild 2. Umspannwerk Hildesheim der Großkraftwerk Hannover A.-G. Ansicht von der Straßenseite aus mit Wohnhaus.

Das Umspannwerk enthält z. Z. einen Transformator von 3000 kVA, zwei von je 1500 kVA-Leistung für eine Übersetzung von 60 auf 15 kV und einen Transformator von 2000 kVA für 15/6 kV-Spannung. Letzterer dient lediglich zur Versorgung der Straßenbahn. Die Ausführung des Umspannwerkes weicht etwas von

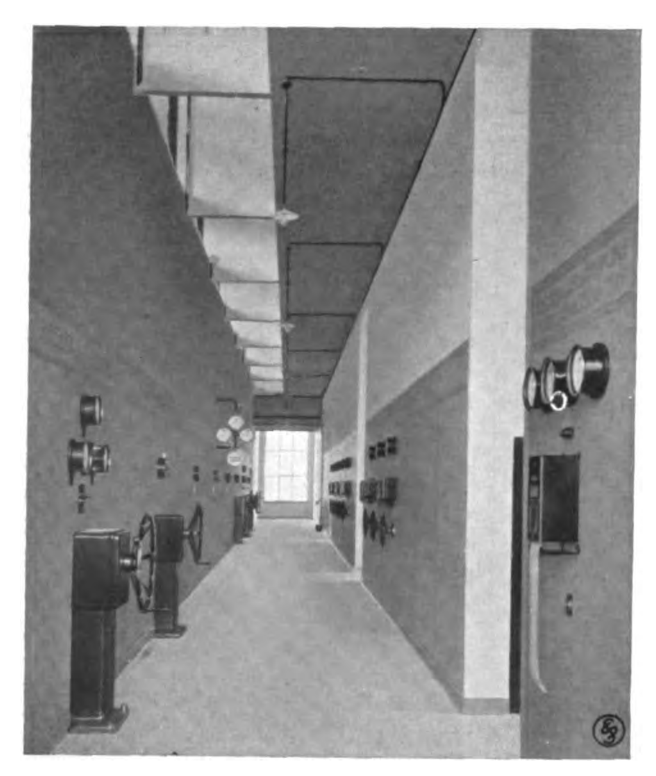


Bild 3. Umspannwerk Hildesheim der Großkraftwerk Hannover A.-G. Bedienungsgang für die Betätigung der Ölschalterantriebe.

der des Umspannwerkes Godenau[1]) ab, z. B. in bezug auf die Entlüftung der Transformatorenräume, die nur auf natürlichem Wege geschieht. Doch dürfte es sich erübrigen, hierauf im einzelnen näher einzugehen, da die Abweichungen aus den Abbildungen hervorgehen.

Ebenso wie das Umspannwerk Godenau hat auch das für Hildesheim eine größere Werkstätte mit Transporteinrichtung erhalten. Durch einen Verbindungsgang mit dem Umspannwerk unmittelbar verbunden, ist ein Wohnhaus für zwei Stationswarte, dessen Architektur der des Hauptgebäudes mit gutem Erfolge angepaßt worden ist. Die Ansicht von der Straßenseite mit Wohnhaus zeigt Bild 2.

[1]) Siemens-Zeitschrift 1925, Heft 1, S. 43.

Selbstlüftende Vollbahnmotoren.

Kürzlich erhielten die SSW einen Auftrag auf 40 Bahnmotoren für die Elektrisierung der Hauptlinie Rotterdam—Amsterdam. Es handelt sich um eine Nachbestellung, da bereits früher ein Auftrag auf 60 Motoren der gleichen Type für die neuen Gleichstrom-Triebwagen der Strecke Rotterdam—Haag—Scheveningen ausgeführt wurde.

Die Hauptmerkmale dieses selbstlüftenden Gleichstrom-Vollbahnmotors, Bauart DZ 1551 (Bild 1), sind: das ungeteilte Gehäuse, Eigenlüftung und die in Gleitlagern laufende Ankerachse. Die Motoren sind sowohl für Rollenlagerung und Fettschmierung als auch für Gleitlagerung und Kissenschmierung des Ankers geliefert worden. Der Motor ist für Vollspurfahrzeuge (Spurweite 1435) gebaut. Er ist als vierpoliger Reihenschlußmotor mit Wendepolen und unterteilten Feldspulen zur Anwendung von Feldschwächung ausgebildet. Anker und Feldspulen sind mit Mika-Isolation versehen. Bei 675 V und voller Erregung beträgt die Stundenleistung des Motors bei einer Drehzahl von 640 Umdrehungen 145 kW (etwa 200 PS). Der Motor ist mit einseitigem Zahnradvorgelege ausgerüstet, dessen Übersetzungsverhältnis 1 : 2,61 entsprechend 23 : 60 Zähnen beträgt. Bei einer Fahrdrahtspannung von 1350 bis 1550 V liegen zwei Motoren dauernd in Reihe.

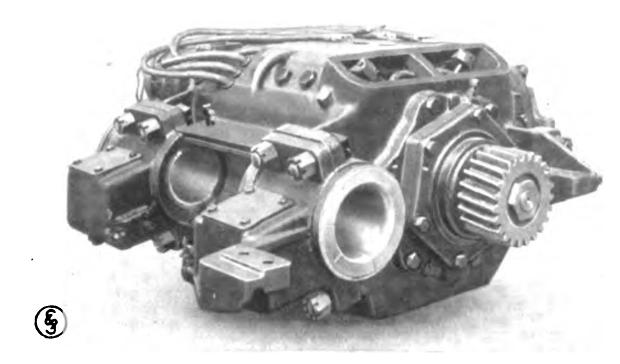


Bild 1. Selbstlüftender Vollbahnmotor.

Erwähnenswert ist, daß mit einem Triebwagen, in dem diese Motoren eingebaut waren, bei Versuchsfahrten eine Geschwindigkeit von 120 km in der Stunde erreicht wurde.

Verstärkeramt Arnhem.

Mitgeteilt von der Abteilung für Verstärker
Siemens & Halske A.-G.

Die holländische Staatstelegraphen-Verwaltung hat der Siemens & Halske A.-G. den Auftrag erteilt, die Einrichtungen für ein Verstärkeramt in Arnhem zu liefern und aufzustellen. Das Verstärkeramt wird in das Fernkabel eingeschaltet, das zur Verbindung des holländischen mit dem deutschen Fernkabelnetz dient. Der Auftrag umfaßt zunächst den Ausbau des Verstärkeramtes mit 50 Zweidraht- und 15 Vierdrahtverstärkern; später soll das Amt bis auf 200 Verstärker erweitert werden. Die Stromlieferungsanlage ist zunächst für 100 Verstärker vorgesehen. Die Einrichtungen des Verstärkeramtes sollen bis Ende dieses Jahres fertiggestellt und aufgebaut sein, so daß das Amt bereits im Januar des nächsten Jahres in die Fernkabelverbindung eingeschaltet und der Fernsprechverkehr Holland—Deutschland über dieses Verstärkeramt geleitet werden kann.

Ausbau des deutschen Fernkabelnetzes.

Mitgeteilt von der Abteilung für Verstärker
Siemens & Halske A.-G.

Im Verlaufe des weiteren Ausbaues des deutschen Fernkabelnetzes hat die Firma Siemens & Halske Aufträge auf Verstärkerämter für die Fernkabellinien Stettin—Lübeck, Breslau—Gleiwitz und Frankfurt/Main—Dortmund erhalten. Die Verstärkerämter Lüdenscheid, Breslau und Wismar werden neu eingerichtet, das Verstärkeramt Stralsund wird weiter ausgebaut. Ferner ist der Siemens & Halske A.-G. die Neueinrichtung des Verstärkeramtes Berlin im neuen Fernamtsgebäude übertragen worden. Dieses Amt soll noch im Laufe des Winters fertiggestellt werden.

Die elektrische Glühkochplatte.

Die neue Glühkochplatte der Siemens Elektrowärme-Gesellschaft arbeitet wie eine glühende Herdplatte, man erkennt am gelbroten Glühen der Silitstäbe sofort, ob die Platte in Betrieb ist. Da die Glühstäbe ein sehr hohes Strahlungsvermögen haben und die entwickelte Wärme voll ausgenutzt wird, so ist die Glühkochplatte ein ausgesprochener Schnellkocher. Das Ausstrahlen der Wärme nach unten wird durch einen Reflektor verhindert, der aus nichtrostendem Spezialstahlblech hergestellt, sehr leicht herausnehmbar und bequem zu reinigen ist.



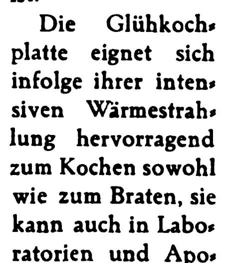


Bild 1. Elektrische Glühkochplatte.

Die Glühkochplatte eignet sich infolge ihrer intensiven Wärmestrahlung hervorragend zum Kochen sowohl wie zum Braten, sie kann auch in Laboratorien und Apotheken als Ersatz von Bunsenbrennern sehr gut Verwendung finden. Es läßt sich jedes im Haushalt vorhandene Kochgerät auf der Glühplatte benutzen, gleichgültig ob es ein Metallgeschirr oder ein Emaillegefäß ist.

Die Glühkochplatte ist äußerst wirtschaftlich im Betrieb. Will man ankochen, so schaltet man gleich auf Stufe 3 voll ein, ist der Siedepunkt erreicht, so geht man zurück auf Stufe 2, da dann nicht mehr so viel Wärmezufuhr erforderlich ist, um die Speisen in kochendem Zustande zu erhalten. Will man dagegen die Speisen nur anwärmen oder warmhalten, so schaltet man noch weiter zurück auf Stufe 1.



Bild 2. Elektrische Glühkochplatte, geöffnet.

Die Glühkochplatte ist vollständig betriebssicher. Die Glühstäbe haben federnde Anschlüsse. Sollte ein Stab schadhaft werden, so ist er sehr leicht auszuwechseln; sie liegen in einer rostartigen Versenkung, die mit einer Verschlußplatte versehen ist. Diese kann nur hoch-

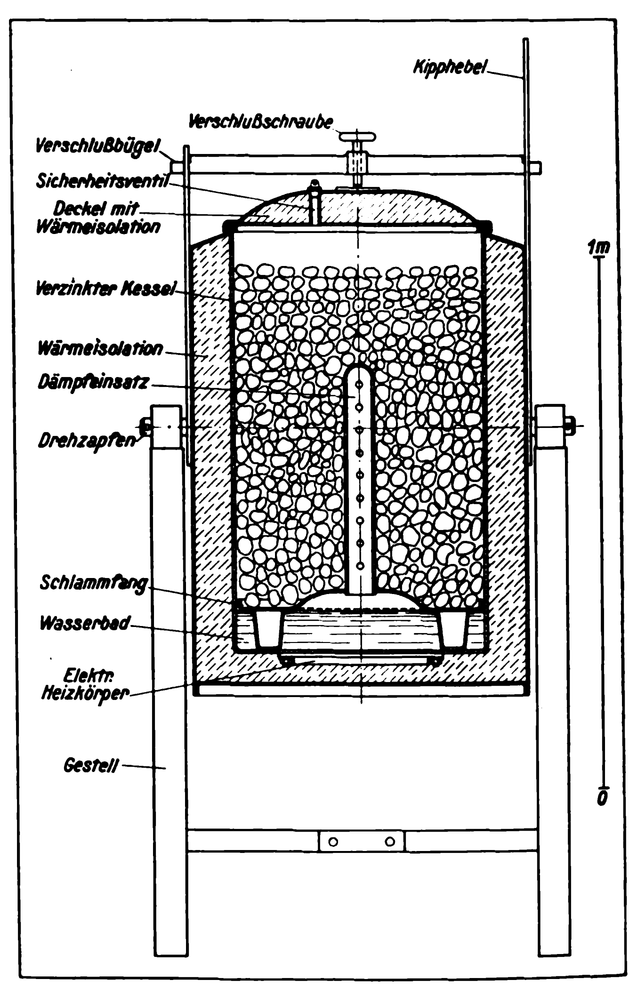


Bild 1. Futterkocher, Schnitt.

geklappt werden, wenn der Gerätestecker herausgezogen, die Platte also stromlos ist. Da auch sämtliche stromführenden Teile vorschriftsmäßig gegen Berührung geschützt sind, so ist sie vollständig gefahrlos für den Benutzer.

Auf haltbare Konstruktion ist besonders Wert gelegt. Aufspritzendes Wasser, überkochende Flüssigkeiten rufen keine Beschädigung hervor. Selbst ein versehentliches Einschalten der leeren Platte schadet ihr nicht. Erwähnt sei noch die geschmackvolle Ausführung, die zeigt, daß die Forderungen in bezug auf schöne Form und praktische Verwendbarkeit, die an ein neuzeitliches Kochgerät gestellt werden, sich sehr wohl vereinigen lassen.

Die Siemens-Glühkochplatte ist für Gleichstrom sowohl wie für Wechselstrom der üblichen Spannungen verwendbar.

Elektrischer Futterkocher.

Der elektrische Futterkocher ist besonders für landwirtschaftliche Kreise bestimmt und vereinfacht die bisher schwierige und umständliche Arbeit des Futterkochens ganz wesentlich. Er dient zum Kochen und Dämpfen von Viehfutter, Kartoffeln, Kleie, Getreideschrot, zur Bereitung der Tränke und zum Warmhalten des Futters während der kalten Jahreszeit, kann nebenbei auch zum Sterilisieren, Einkochen oder Wäschekochen verwendet werden.

Die Apparate bestehen aus einem gut wärmeisolierten, verzinkten Eisenkessel mit regelbarem elektrischen Heizelement und angebautem gußeisernen Regelschalter sowie 2 m Gummischlauchleitung mit Erdungsader. Der wärmeisolierte Deckel ist mit Verschlußbügel und Sicherheitsventil versehen. Der Dampfeinsatz hat einen Schlammfang (Bild 1). Die Größe des zu wählenden Kessels richtet sich nach der Zahl und Art des Viehbestandes; für 4 bis 5 Mittelschweine würde beispielsweise ein 50 Liter-Kessel ausreichen.

Zum Futterkochen und Dämpfen wird nur so viel Wasser in den Kessel geschüttet, daß es durch die Löcher der Platte des Dämpfeinsatzes hindurchtritt. Der Inhalt kocht dann ohne Strom in der eigenen Wärme selbsttätig gar. Das Ein- und Ausschalten kann auch durch eine Uhr geregelt werden und vollkommen selbsttätig erfolgen. Die Regelstufen dienen für verschiedene Füllungen und verschieden lange Heizzeiten, ungefähr nach folgender Tafel:

Durch die elektrischen Futterkocher wird eine große Arbeits- und Personalersparnis erzielt, die besonders während der Feldarbeit von Wichtigkeit ist, da die Kessel selbsttätig ohne Aufsicht kochen und dämpfen. Auch zum Warmhalten und Aufbewahren des Kochgutes während des ganzen Tages eignen sie sich sehr gut. Die Aufstellung ist an beliebiger Stelle, zum Beispiel auch im Stall, möglich. Steht billiger Nachtstrom zur Verfügung, so sind die Betriebskosten besonders niedrig. Wie Bild 2 zeigt, ist die Handhabung sehr bequem und die Reinigung leicht vorzunehmen.



Bild 2. Futterkocher, Ansicht.

Elektrischer Badwärmer (Tauchsieder) zur Beheizung von Säurebädern.

Elektrische Badwärmer werden in der metallverarbeitenden Industrie verwendet zum Beheizen von galvanischen Bädern oder von Säurebädern, je nach der Art der Fabrikation. Kalte Säurebäder haben nämlich den Nachteil, daß sie sehr langsam arbeiten und bei Elektroplattierung leicht abblätternde, nicht festhaftende Niederschläge erzeugen. Erfahrungsgemäß muß die Temperatur dieser Bäder mindestens 18° betragen. Eine weitere Verwendungsmöglichkeit bietet sich für elektrische Badwärmer zum Anwärmen von Flüssigkeiten, für die eine ständige Heizung nicht vorhanden oder unwirtschaftlich ist. Als Beispiel sei das Anwärmen von Aquarien in zoologischen Gärten oder das gelegentliche Auftauen von Flüssigkeiten im Winter erwähnt.

Die Vorteile elektrischer Badwärmer gegenüber Gas-, Dampf- oder anderen Heizungen bestehen in der größeren Reinlichkeit, leichten Beweglichkeit, steten Betriebsbereitschaft und Vermeidung jeglicher Explosionsgefahr. Bei der Durchbildung des elektrischen Badwärmers ETG der

Inhalt etwa l	Leistung kW	Regelstufen in Watt	Abmessungen in cm			Gewicht etwa kg
			Höhe	Breite	Tiefe	
50	1,2	1200 — 600 — 300	130	60	60	75
100	2,4	2400 — 1200	130	70	60	100
200	4,2	4200 — 2100	140	80	60	140

Füllung des Kessels	Heizzeiten bei		
	voller Leistung etwa Stunden	halber Leistung etwa Stunden	viertel Leistung etwa Stunden
voll	8	16	—
halb	4	8	16

Siemens Elektrowärme-Gesellschaft wurde besonderer Wert auf eine praktische, einfache und stabile Ausführung gelegt. Er besteht aus vier Teilen: der Heizscheide, dem Heizelement, dem Kopf mit Anschlußstück und einer Klammer (Bild 1).

Die Heizscheiden werden verschieden ausgeführt, und zwar:

aus blankem Eisen für stark alkalische Bäder. Hierhin gehören: Entfettungsbäder, Entfettungslaugen, heiße alkalische Zinnbäder, zyankalische Zinkbäder, Oxydbäder,

verbleit für zyankalische bzw. schwach alkalische und saure Bäder. Hierhin gehören: Nickelbäder, zyankalische Kupferbäder, Messing-, Tombak-, Zinnbäder, Silberbäder u. ä.

emailliert zur Erwärmung von Salzsäure, Salpeter- und Schwefelsäure und Mischungen von diesen Säuren, zur Beheizung von Aquarien usw.

Das Heizelement ist nach Abheben des Deckels am Kopf und nach Abklemmen der Zuleitungen leicht aus der Scheide herauszuziehen. Wicklung und Isolation sind aus bestem Material gefertigt. Ein Durchbrennen ist unmöglich, wenn der Strom erst nach Einbringen des Tauchsieders in die Badflüssigkeit eingeschaltet wird. Der Kopf des Badwärmers umschließt die Anschlußorgane des Heizelementes und ist vollständig gegen ein Eindringen der Badflüssigkeit geschützt. Die Klammer gestattet ein Anbringen des Badwärmers an beliebigen Gefäßen.

Die Badwärmer werden für verschieden große Bäder in vier Größen und für vier verschiedene Anschlußwerte ausgeführt nach folgender Tafel:

Modell	Leistungsaufnahme in Watt	Abmessungen		Gewicht	
		a	b	netto kg	brutto kg
ETG 50	500	420	482	2	3,5
75	750	620	682	2,5	4
100	1000	770	832	3	4,5
150	1500	1020	1082	4	5,5

Sie sind für Gleich- und Wechselstrom normaler Spannungen verwendbar und entsprechen in allen Teilen den VDE-Vorschriften.

Die Erwärmungsdauer eines Bades berechnet sich nach folgender Formel:

$$T = \frac{I \cdot T' \cdot s}{860 \cdot kW \cdot \eta}$$

dabei bedeutet

T = Zeit in Stunden
I = Inhalt des Bades in Litern
T' = Temperaturerhöhung in Grad Celsius
kW = Anschlußwert in Kilowatt
η = Wirkungsgrad
s = spezifisches Gewicht der Flüssigkeit.

Danach berechnet sich die Zeit für die Erwärmung eines 50 Liter-Wasserbades bei einer Temperaturerhöhung um 10% und einem Anschlußwert von 1000 Watt zu

$$T = \frac{50 \cdot 10 \cdot 1}{860 \cdot 1 \cdot 0{,}95} = 0{,}612 \text{ Std.} = 37 \text{ Minuten.}$$

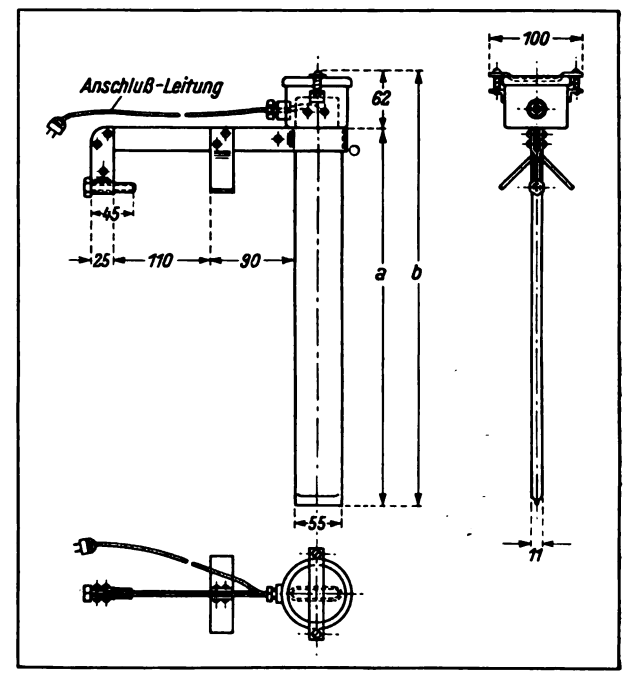


Bild 1. Elektrischer Badwärmer.

Der elektrische Selbstwascher „Elpur".

Im Gegensatz zu den bekannten Waschmaschinen mit mechanischem Antrieb wird bei dem neuen elektrischen Selbstwascher „Elpur" der Siemens Elektrowärme-Gesellschaft die Wäsche äußerst schonend behandelt. Die Reinigung der Wäsche beruht darauf, daß sie mit heißem Wasser mittels eines Dampfsprudlers stark durchflutet wird. Bei diesem Sprudelprozeß, der sich in etwa acht Stunden Waschzeit unzählige Male wiederholt, werden alle Schmutzteilchen aus der Wäsche gelöst, wodurch eine schonende Reinigung der Wäsche erzielt wird. Der Selbstwascher besteht aus einem verzinkten Eisenkessel mit elektrischer Heizeinrichtung. Äußerlich unterscheidet er sich kaum von den im Haushalt üblichen Waschkesseln. Die innere Einrichtung veranschaulicht Bild 1. Der Inhalt beträgt 50 bzw. 100 l je nach der Größe. Er arbeitet vollkommen selbsttätig und zuverlässig. Seine Bedienung

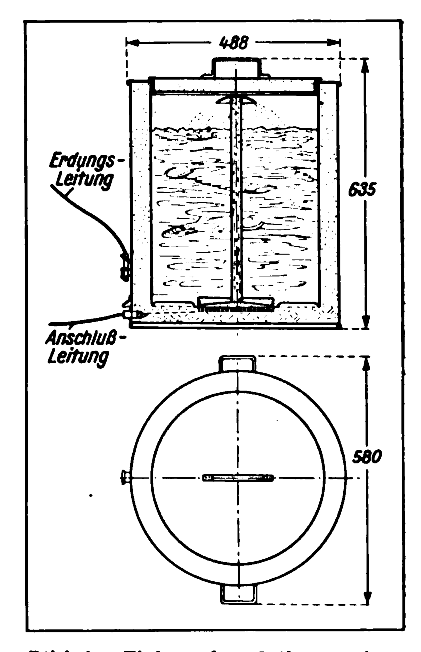


Bild 1. Elektrischer Selbstwascher.

ist leicht und mühelos. Sie beschränkt sich auf das Einschalten am Abend und Ausschalten am Morgen. Da keine Schwadenbildung auftritt, kann er nicht nur im Waschhaus, sondern auch in der Küche oder im Wohnraum gebraucht werden. Der Apparat ist sehr wirtschaftlich. Die kleinere Größe hat einen Energieverbrauch von 650 W. Da er während der Nachtzeit angeschlossen wird, so sind besonders bei niedrigem Nachtstromtarif die Betriebskosten sehr gering. Auch die Zeitersparnis ist von großer Bedeutung. Die Wäsche kann frühmorgens getrocknet werden, da sie in der Nacht gewaschen wird. Vorher wird sie von morgens bis abends in einer kalten Bleichsodalösung eingeweicht.

Man löst im 50 l-Kessel 1/2 Pfd. gutes Waschpulver in etwa 15 bis 20 l Wasser auf, im 100 l-Kessel 1 Pfd. auf etwa 30 bis 40 l Wasser. Die gut ausgeschleuderte und ausgewrungene Wäsche wird lose um den Sprudler herumgeschichtet. Es muß so viel Lösung vorhanden sein, daß die Wäsche gut durchtränkt ist. Sie darf aber nicht bis zum oberen Ende hinaufreichen, wie die Abbildung zeigt. Dann wird der Deckel geschlossen, der Strom eingeschaltet und die Wäsche während der Nacht mindestens 8 Stunden sich selbst überlassen. Früh wird die Wäsche in handwarmem Wasser so lange gut gespült, bis das Wasser vollkommen klar bleibt. Die Hauptwascharbeit verrichtet der „Elpur" also selbsttätig. Besonders festhaftende Flecke werden durch leichtes Nachreiben entfernt, da der Schmutz, wenn überhaupt, nur noch lose haftet.

Vor dem Einschalten muß der Apparat geerdet werden. Dies geschieht auf einfachste Weise, indem man die beigegebene zweite Leitung an der Erdungsklemme des Selbstwaschers befestigt und das andere Ende mit der Zwinge beispielsweise am Wasserleitungshahn anschließt.

Die DIN-Auskunftstelle auf der Leipziger Messe

Die zunehmende Bedeutung, welche die Normung für die Weiterentwicklung der Technik in den letzten Jahren gewonnen hat, ergab u. a. auch die Notwendigkeit, auf der Leipziger technischen Messe eine Stelle einzurichten, wo der technisch Interessierte Gelegenheit hat, sich über alle Fragen betriebstechnischer Fortschritte, insbesondere aber über Normungsfragen eingehend zu unterrichten.

Der Normenausschuß der Deutschen Industrie (NDI), dem die zentrale Förderung der gesamten Normungsarbeit im Deutschen Reiche obliegt, begann bereits vor drei Jahren, zunächst in bescheidenem Umfang, auf der Leipziger Messe eine Übersicht über seine Arbeiten zu geben und gleichzeitig eine technische Auskunftstelle für Fragen über Normung einzurichten. Diese Meßausstellungen waren für den NDI ein gutes Mittel zur Prüfung, wie weit die festgelegten Normen und überhaupt der Gedanke der Normung in die Industrie Eingang gefunden haben. War nun die Zahl derer, die über die Arbeiten des Normenausschusses unterrichtet sind, bei den ersten Meßausstellungen noch gering, so hat sich dies, entsprechend der starken Einführung der Normen in den letzten Jahren, sehr bald geändert. Von einer Messe zur anderen stieg die Zahl derjenigen, die nicht nur vom Normenausschuß gehört hatten, sondern die sogar über seine Arbeiten genau unterrichtet waren und welche die Gelegenheit zu einer persönlichen Fühlungnahme mit Herren des NDI und zur Aussprache über schwebende Fragen der Normung freudig benutzten. Auf keiner Messe ist jedoch die Auskunftstelle des NDI derartig stark in Anspruch genommen worden, wie im vergangenen Frühjahr, wo der Normenausschuß seinen Stand in der neuerbauten Halle 9 des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken innehatte. Der ständige Vertreter des Normenausschusses auf der Messe sowie die einzelnen Fachbearbeiter, die von Berlin aus je einen Tag zur Messe entsandt werden, hatten häufig Gelegenheit, ins Einzelne gehende Auskünfte über Normung und wirtschaftliche Betriebsführung zu erteilen.

Die günstigen Erfahrungen haben den Normenausschuß veranlaßt, den Stand 667 in Halle 9 auch für die diesjährige Herbstmesse zu belegen, so daß alle Freunde der Normungsarbeit auch im Herbst den Normenausschuß an der gleichen Stelle wiederfinden. Verbunden mit der Auskunftstelle ist eine Ausstellung der Arbeitsergebnisse aller im Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit zusammengeschlossenen technisch-wissenschaftlichen Körperschaften, wie des Ausschusses für wirtschaftliche Fertigung (AWF), des Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen (Datsch), des Reichsausschusses für Arbeitszeitermittlung (Refa) und anderer. Durch die Alleinvertriebsstelle der genannten Körperschaften, den gemeinnützigen Beuth-Verlag, sind die meisten Schriften und Lehrmittel über neuzeitliche Betriebsführung an Ort und Stelle käuflich zu haben.

Zusammenfassend kann also gesagt werden, daß jedem technisch Interessierten, der die Leipziger Messe besucht, nunmehr Gelegenheit gegeben ist, sich über alle betriebstechnischen Fortschritte und über die neueste Literatur auf diesem Gebiet am Stand des Normenausschusses eingehend zu unterrichten.

FRAGEN UND ANTWORTEN

Anfragen aus dem Leserkreis werden hier soweit möglich beantwortet.

Frage 22: In der Siemens-Monteurschrift 12 ist auf Seite 28 Tafel 14 als Grundlage für die Berechnung der Querschnitte von Installationsleitungen bei induktiver Belastung für den Unterschied der Spannungen am Anfang und Ende der Leitungen die Formel angegeben

$$E_1 - E_2 = 2\ JR \cos \varphi,$$

wobei E_1 und E_2 die Spannungen am Anfang und Ende der Leitung, J der Strom, 2 R der Widerstand von Hin- und Rückleitung bedeutet. Rechnerisch ergibt sich aber, daß der Leistungsfaktor $\cos \varphi$ nicht in den Zähler, sondern in den Nenner zu setzen ist. Ist L_1 die Leistung am Anfang der Leitung, L_2 die Leistung am Ende der Leitung, so ist

$$L_1 = J\,E_1 \cos \varphi$$
$$L_2 = J\,E_2 \cos \varphi$$
$$L_1 - L_2 = (E_1 - E_2)\,J \cos \varphi = J^2 R, \text{ demnach}$$
$$E_1 - E_2 = \frac{J R}{\cos \varphi}.$$

Antwort 22: Die Formel in der Monteurschrift 12 ist richtig. In der Rechnung der Fragestellung ist der grundsätzliche Fehler gemacht, daß von Anfang an mit angenäherten Werten gerechnet wurde. Die Phasenverschiebung am Anfang und am Ende der Leitung ist verschieden und darf nicht von vornherein gleichgesetzt werden. Ist φ der Phasenverschiebungswinkel am Ende der Leitung, so gibt die Rechnung (ohne irgendwelche Vernachlässigung), wenn, wie dies fast immer zutreffend ist, die Installationsleitung als induktionsfrei angenommen wird:

$$E_1 = \sqrt{E_2^2 + (JR)^2 + 2JR \cos \varphi}.$$

Diese Formel ist etwas unbequem für die Rechnung, man kann sie vorteilhafter in einer Reihe entwickelt schreiben. Es wird dann

$$E_1 - E_2 = 2RJ \left(\cos \varphi + \frac{RJ \sin^2 \varphi}{2 E_2} + \ldots\ldots\right)$$

Schon das zweite Glied ist, wenn der Widerstand R der Leitung nicht zu hoch und der Phasenverschiebungwinkel φ klein ist, so klein, daß es bei Berechnungen in der Praxis vernachlässigt werden kann. Die weiteren Glieder der Reihe kommen noch viel weniger in Betracht. Man kommt praktisch mit dem ersten Gliede

$$E_1 - E_2 = 2JR \cos \varphi \text{ aus.}$$

Die vom Fragesteller entwickelte Formel gibt zu hohe Werte für den Spannungsverlust (für $\varphi = 90^\circ$ erhält man einen unendlich großen Wert). Manche Installateure meinen, durch Benutzung dieser Formel sicherer zu rechnen. Es ist aber doch zweckmäßiger, mit der richtigen Formel zu rechnen, wobei es überlassen bleibt, Aufschläge, deren Höhe man kennt, zu machen.

EINGESANDTE BÜCHER

(Ausführliche Besprechung einzelner Bücher vorbehalten.)

Siemens-Handbücher. Herausgegeben von der Siemens & Halske A.-G. und den Siemens-Schuckertwerken, G. m. b. H. I. Band: Allgemeine Grundlagen der Elektrotechnik. Bearbeitet von Dr. C. Michalke, Oberingenieur der Siemens-Schuckertwerke. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1925. 167 Seiten, 153 Abb. Preis: geb. M 5,—.

Aus dem Vorwort: Das vorliegende Bändchen ist für einen sehr weiten Leserkreis bestimmt, sowohl für Leser mit nicht fachlicher Vorbildung, als auch solche, denen während ihrer vielleicht einseitigen praktischen Tätigkeit die Grundlagen etwas ins Schwanken geraten sind.

Es wurde daher ganz besonderer Wert auf allgemeinverständliche Darstellung gelegt.

Ein schulgerechtes Lehrbuch der Elektrotechnik will das Buch nicht sein, vielmehr ein Nachschlagebuch für denjenigen, der sich über die Grundlagen der Elektrotechnik oder einzelne Gebiete daraus unterrichten will oder das Bedürfnis empfindet, seine Schulkenntnisse in einer für die Praxis geeigneten Form aufzufrischen.

Von der streng wissenschaftlichen Behandlung des Stoffes konnte daher Abstand genommen werden; statt dessen wurde das Hauptgewicht auf anschauliche Darstellung des Stoffes gelegt.

Die einzelnen Abschnitte sind so gefaßt, daß jeder für sich ein besonderes Gebiet bildet, so daß der Leser, der nur über einen bestimmten Fragenkreis aufgeklärt werden will, nur einen oder mehrere kleine Abschnitte zu lesen braucht. Allerdings ließen sich infolgedessen Wiederholungen nicht ganz vermeiden.

Die Lehre vom Wirtschaften, Wesen und Zusammenhänge. Von Prof. A. Schilling, Berlin. V. D. I.-Verlag, Berlin 1925. 297 Seiten, 47 Abb. und 13 Tafeln. Preis geb. M. 13.

Das vorliegende Buch ist durch Erkenntnis der völlig verschiedenen Einstellung des deutschen und amerikanischen Ingenieurs veranlaßt, die zunächst aus der Literatur gewonnen, aber durch persönliche Eindrücke auf einer im Herbst 1924 ausgeführten Studienreise vertieft wurde.

Aus dem Inhalt: Die Stellung der Organisation im Rahmen der Wissenschaften und ihre Grundmethode. Der Kostenbegriff als Maßstab der Organisation. Die statischen Grundsätze der Organisation. Das Wesen des Vergleichs. Das Ergebnis des Wirtschaftens. Der statische Organisationsaufbau. Die Standardtheorie. Dynamische Betrachtung der Soziologie und Wirtschaft. Dynamische Betrachtung soziologischer und wirtschaftlicher Einzelsubjekte. Spezielle Dynamik der Arten. Spezielle Dynamik der Produktion. Die Stellenrechnung als Mittel zum Wirtschaftlichen und zur Erziehung.

Schlomann-Oldenbourg. Illustrierte technische Wörterbücher in 6 Sprachen, Deutsch, Englisch, Russisch, Französisch, Italienisch, Spanisch. Herausgegeben von Alfred Schlomann. Bd. XV: Spinnerei und Gespinste. Oldenbourgs-Verlags-Aktiengesellschaft, München. 951 Seiten, über 1200 Abb. Preis: geb. M 34,—.

Aus dem Inhalt: Baumwollspinnerei. Baumwollstreichgarnspinnerei. Barchentspinnerei. Flachsspinnerei. Hanfspinnerei. Jutespinnerei. Ramispinnerei. Herstellung von Garnen aus Holzzellstoff. Asbestspinnerei. Glasspinnerei. Seilerei. Spulen, Zwirnen, Haspeln. Garnarten. Seilerei-Erzeugnisse. Garnnumerierung. Garnprüfung.

Diese Aufzählung der wichtigsten Abschnitte des Buches läßt bereits die Sorgfalt erkennen, mit der das Gebiet in möglichster Vollständigkeit erfaßt worden ist. Beim näheren Studium überrascht die Gewissenhaftigkeit, mit der angestrebt worden ist, nicht nur 10000 deutsche Fachausdrücke aus dem Gebiet der Spinnerei zu erfassen, sondern auch die dazugehörigen gebräuchlichen Ausdrücke in den 5 bearbeiteten fremden Sprachen. Wer mit technischen Übersetzungen zu tun hat, kennt die Schwierigkeit, die darin besteht, nicht nur die deutschen Ausdrücke zu übersetzen, sondern eben gerade die in dem betreffenden Lande gebräuchlichen Ausdrücke zu finden.

Der vorliegende Band ist eigentlich 7sprachig, da er neben dem Spanischen auch das Katalonische berücksichtigt, weil Katalonien der Hauptsitz der Spinnerei auf der iberischen Halbinsel ist.

Hilfsbuch für die Elektrotechnik. Unter Mitwirkung namhafter Fachgenossen bearbeitet und herausgegeben von Dr. Karl Strecker. 10. umgearbeitete Auflage. Starkstromausgabe. Verlag Julius Springer, Berlin, 1925. 739 Seiten, 560 Abb. Preis: geb. M 13,50.

Aus dem Vorwort: Infolge der raschen Entwicklung der Elektrotechnik wurde die Darstellung der gesamten Elektrotechnik eine immer schwierigere Aufgabe. Bei der 9. in der Inflationszeit erschienenen Auflage entschloß sich der Verfasser unter dem Druck der Notlage, das Hilfsbuch vorübergehend auf die Starkstromtechnik zu beschränken. Die Rückkehr wirtschaftlich günstigerer Verhältnisse veranlaßte ihn, den alten Leitgedanken jetzt wieder aufzunehmen und die gesamte Elektrotechnik im Hilfsbuch zusammenzustellen. Entsprechend der Entwicklung der Starkstrom- und der Schwachstromtechnik und den zum Teil verschiedenen Kaufkreisen erscheint nun die 10. Auflage in zwei getrennt käuflichen Teilen, von denen der das Starkstromgebiet behandelnde Band hier vorliegt, während der Schwachstromband etwa in Jahresfrist folgen wird.

Hinzugefügt wurde ein Abschnitt über Nomographie. Ganz neu bearbeitet sind die Abschnitte über Messung in elektrischen Maschinen, über Leitung und Verteilung, das Licht und seine Messung und Verteilung des Lichtes.

Physik. Die Kultur der Gegenwart, ihre Entwicklung und ihre Ziele. Herausgegeben von Paul Hinneberg. III. Teil. Mathematik. Naturwissenschaften. Medizin. 3. Abteilung: Anorganische Naturwissenschaften. Unter Leitung von E. Lecher. I. Band: Physik. Zweite neubearbeitete und erweiterte Auflage unter Redaktion von E. Lecher. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1925. 849 Seiten, 116 Abb. Preis: geh. M. 34, geb. M. 36, in Halbfranz M. 41.

Die Anlage des Werkes und die Art der Darstellung sind dieselben geblieben, wie bei der ersten von E. Warburg redigierten Ausgabe. Der Weiterentwicklung der Forschung wurde durch entsprechende Änderungen und Zusätze Rechnung getragen. Der Quantentheorie und dem Atombau wurde ihrer großen Bedeutung entsprechend ein neuer Abschnitt eingeräumt.

Der Bedeutung des Buches und seiner Mitarbeiter entsprechend geben wir nachstehend das Inhaltsverzeichnis in vollem Umfange wieder:

Mechanik: 1. Die Mechanik im Rahmen der allgemeinen Physik. Von E. Wiechert. Akustik: 2. Historische Entwicklung und kulturelle Beziehungen. Von F. Auerbach. Wärmelehre: 3. Thermometrie. Von E. Warburg. 4. Kalorimetrie. Von L. Holborn. 5. Entwicklung der Thermodynamik. 6. Mechanische und thermische Eigenschaften der Materie in den drei Aggregatzuständen. Von L. Holborn. 7. Umwandlungspunkte, Erscheinungen bei koexistierenden Phasen. Von L. Holborn. 8. Wärmeleitung. Von W. Jäger. 9. Wärmestrahlung. Von H. Rubens †. Neu bearbeitet von G. Hettner. 10. Theorie der Wärmestrahlung. Von W. Wien. 11. Experimentelle Atomistik. Von E. Dorn †. Neu bearbeitet von K. Przibram. 12. Theoretische Atomistik. Von A. Einstein. Elektrizitätslehre: 13. Entwicklung der Elektrizitätslehre bis zum Siege der Faradayschen Anschauungen. Von R. Richarz †. 14. Die Entdeckungen von Maxwell und Hertz. Von F. Lecher. 15. Die Maxwellsche Theorie und die Elektronentheorie. Von H. A. Lorentz. 16. Ältere und neuere Theorien des Magnetismus. Von R. Gans. 17. Die Energie degradierenden Vorgänge im elektromagnetischen Feld. Von E. Gumlich. 18. Die drahtlose Telegraphie. Von F. Braun †. Neu bearbeitet von M. Dieckmann. 19. Schwingungen gekoppelter Systeme. Von M. Wien. 20. Das elektrische Leitungsvermögen. Von H. Starke. 21. Die Kathodenstrahlen. Von W. Kaufmann. 22. Die positiven Strahlen oder Massestrahlen. Von E. Gehrcke und O. Reichenheim. 23. Die Röntgenstrahlen. Von W. Kaufmann. 24. Entdeckungsgeschichte und Grundtatsachen der Radioaktivität. Von J. Elster † und H. Geitel †. Neu bearbeitet von St. Meyer und E. Schweidler. 25. Radioaktive Strahlungen und Umwandlungen. Von St. Meyer und E. Schweidler. Lehre vom Licht: 26. Entwicklung der Wellenlehre des Lichtes. Von O. Wiener. 27. Neuere Fortschritte der geometrischen Optik. Von O. Lummer. Mit Zusätzen von M. v. Rohr. 28. Spektralanalyse. Von F. Exner. 29. Struktur der Spektrallinien. Von E. Gehrcke. 30. Magnetooptik. Von P. Zeemann. 31. Quantentheorie. Atombau und Spektrallinien. Von H. A. Kramers. Allgemeine Gesetze und Gesichtspunkte. 32. Verhältnis der Präzisionsmessungen zu den allgemeinen Zielen der Physik. Von E. Warburg. 33. Die Erhaltung der Energie und die Vermehrung der Entropie. Von F. Hasenöhrl †. Neu bearbeitet von H. Mache. 34. Das Prinzip der kleinsten Wirkung. Von M. Planck. 35. Die Relativitätstheorie. Von A. Einstein. 36. Phänomenologische und atomistische Betrachtungsweise. Von W. Voigt †. 37. Verhältnis der Theorien zueinander. Von M. Planck. Namenregister. Sachregister.

Wahl, Projektierung und Betrieb von Kraftanlagen. Ein Hilfsbuch für Ingenieure, Betriebsleiter, Fabrikbesitzer. Von Friedrich Barth, Dipl.-Ingenieur, 4. umgearbeitete und erweiterte Auflage. Verlag Julius Springer, Berlin. 1925. 525 Seiten, 161 Abb. und 3 Tafeln. Preis: geb. M. 16.–.

Bei der 4. Auflage des bekannten Buches war der Verfasser bestrebt, durch Aufnahmen zahlreicher Ergänzungen und Verbesserungen das Buch weiterhin im Sinne einer sparsamen Kraft- und Wärmewirtschaft auszubauen. Die beiden mehr juristischen Abschnitte über Mängelrügen und Eigentumsvorbehalt wurden gestrichen.

Aus dem Inhalt: Überblick über unsere heutigen Kraftanlagen. Anschaffungs- und Betriebskosten von Kraftanlagen. Wahl der Betriebskraft. Gesichtspunkte bei Projektierung von Kraftanlagen. Beschreibung ausgeführter Kraftanlagen. Betrieb von Kraftanlagen.

Deutschlands Großkraftversorgung. Von Dr. Gerhard Dehne. Verlag Julius Springer, Berlin 1925. 97 Seiten, 44 Abb. Preis: geh. M. 6, geb. M. 7.

Das Buch gibt die Entwicklung der deutschen Großkraftversorgung, über die bisher nur vereinzelte Angaben und kleinere Ausschnitte in der Tagespresse und den Fachzeitschriften erschienen waren. Bei der Darstellung wurde der überragenden Bedeutung gemäß besonderer Wert auf den zweiten Teil, die Großkraftversorgung aus der Braunkohle, gelegt.

Aus dem Inhalt: 1. Die Großkraftversorgung aus der Steinkohle: Die technisch-wirtschaftlichen Grundlagen. — Die Entwicklung in den Zentren der Industrie. 2. Die Großkraftversorgung aus der Braunkohle: Die technisch-wirtschaftlichen Grundlagen. Die Entwicklung in den einzelnen Revieren. 3. Die Großkraftversorgung aus den Wasserkräften: Die technisch-wirtschaftlichen Grundlagen. Die Entwicklung in den süddeutschen Staaten. Literaturverzeichnis.

Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Jahrbuch des Vereins Deutscher Ingenieure. Herausgegeben von Conrad Matschoß. V. D. I.-Verlag, Berlin, 1924. 14. Band. 278 Seiten, 196 Abb. und 13 Bildnisse. Preis geb.: M. 16.

Aus dem Inhalt: Die geschichtliche Entwicklung der Eisenbahnbremsen. Von Ministerialrat a. D. Staby. Friedrich Wilhelm Graf v. Reden. Von Geh. Bergrat Prof. A. Schwemann. Alfred Krupp als Maschinenbauer. Von Wilhelm Bredrow. Die geschichtliche Entwicklung der Chemie. Von Dr. Eduard Färber. Der Eisenbahnkönig Strousberg und seine Bedeutung für das europäische Wirtschaftsleben. Von Dr.-Ing. Direktor Reitböck. Über die Konstruktion von Fallen und Selbstschüssen. Von Dr.-Ing. Hugo Th. Horwitz. Die Entwicklung der Schraubengewinde. Von Prof. Dr. G. Berndt. Zur Geschichte des Aluminiums und seiner leichten Legierungen. Von Dr. Roland Sterner-Rainer. Der Werkstoff im Kranbau. Von Prof. Kammerer. Aus der Geschichte Augsburgs, seiner Gewerbe und seiner Industrie. Von Dipl.-Ing. Friedrich Haßler. Die Entwicklung der Mechanisierung bei der Herstellung von Eisen- und Stahldrähten. Von Fabrikbesitzer F. Döhner. Carsten Waltjen. Von Dr.-Ing. W. Schmidt. Aus der Zeit der alten Bahnbremsen. Von Dipl.-Ing. Karl Bethge. Emil Kessler, ein Begründer des deutschen Lokomotivbaues. Von Dr.-Ing. Max Mayer. Zur Geschichte des Akkumulators und der Akkumulatorenfabrik Aktiengesellschaft. Von Dr. H. Beckmann. Beiträge zur Industriegeschichte. Von Dr.-Ing. Kurt Geisler.

Aufgaben aus der technischen Mechanik für den Schul- und Selbstunterricht. Von Prof. N. Schmitt, Studienrat in Dortmund. II. Dynamik und Hydraulik. 198 Aufgaben und Lösungen mit zahlreichen Abbildungen im Text. 2. Auflage, besorgt von Prof. Dr. G. Wiegner, Oberstudienrat an der Höheren Maschinenbauschule in Leipzig. Aus Natur und Geisteswelt, Bd. 559. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1925. 96 Seiten. Preis geb.: M. 1.80.

Aus dem Inhalt: Die beschleunigte geradlinige Bewegung. Die beschleunigte Kreisbewegung. Zusammengesetzte Bewegung. Bewegung des Schwerpunktes. Die gleichförmige Kreisbewegung. Die Zentrifugalkräfte der Körper. Mechanische Energie. Absolute und relative Bewegung. Statik der Flüssigkeiten. Auftrieb. Dynamik der Flüssigkeiten.

Die drahtlose Telegraphie und Telephonie. Ihre Grundlagen und Entwicklung. Von Studienrat Dr. Paul Fischer in Bremen. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1925. 106 Seiten, 48 Abb. Preis geb. M. 1.80.

Aus dem Inhalt: Magnetismus und Elektrizität. Schwingungen, Schall- und Lichtwellen. Die wissenschaftlichen Grundlagen der drahtlosen Energieübertragung. Die Entwicklung der drahtlosen Telegraphie. Die drahtlose Telephonie und die Kathodenröhre. Das Rundfunkempfangsgerät. Radio-Telegraphie und -Telephonie im Wirtschaftsleben.

Mitteleuropäischer Funkkalender 1925/26. Unter Mitwirkung bewährter Fachleute herausgegeben von Ingenieur Gustav Meyer. Technischer Verlag Bodenbach a. E. 215 Seiten, 49 Abb. Preis: geb. M. 3.–.

Aus dem Inhalt: Die Antennenanlage. Der Kristallempfänger. Der Selbstbau eines Einröhrenverstärkers. Einige einfache Röhrenempfänger und Senderschaltungen. Störungen an Elektronenröhren. Bandmikrophon und Lautsprecher von Siemens & Halske. Amtliche Bestimmungen, Vorschriften, Gebührensätze usw. in den verschiedenen Staaten Europas.

Das Fernsprechwesen. Von W. Winkelmann, Dipl.-Ingenieur in Ülzen. I. Grundlagen und Einzelapparate der Fernsprechtechnik. Sammlung Göschen Bd. 155. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1925. 123 Seiten, 65 Abb. Preis: geb. M. 1,25.

Aus dem Inhalt: Der Fernhörer. Das Mikrophon. Das Mikro-Telephon. Die Induktionsspule. Der Kondensator. Die Schalter. Stöpsel und Klinken. Wecker und Summer. Klappen, Lampen und Schauzeichen. Gleichstromquellen für Fernsprechanlagen. Wechselstromquellen für Fernsprechanlagen. Die Sicherungen. Die Freileitungen. Die Kabel. Das Sprechen über lange Leitungen. Konstanten von Leitungen. Verstärker.

Das Kultur-Filmbuch. Unter Mitwirkung namhafter Fachleute herausgegeben von Dr. E. Beyfuß und Dipl.-Ing. A. Kossowsky. Carl P. Chryseliusscher Verlag, Berlin, 1924. 383 Seiten, zahlreiche Abbildungen.

Aus dem überaus vielseitigen Inhalt des Buches mögen hier nur einige Abschnitte angeführt werden, die sich mit dem Film als Kulturfaktor und Lehrmittel befassen: Kulturfilm und Filmkultur. Von Prof. Dr. F. Lampe. Der Film als Volksbildner. Von Wilhelm Richter. Schule und Film. Von Dr. E. Beyfuß. Staat und Kulturfilm. Von Regierungsrat Dr. Ernst Seeger. Der Film als Kulturfaktor. Von Direktor Richard Oswald. Das geographische Laufbild. Von Prof. Dr. F. Lampe. Physikalische und mathematische Probleme im Film. Von Studienrat Schwerdt. Landwirtschaft im Kulturfilm. Von Arnold Kühnemann.

Industriefilme. Von Dr. Ulrich Kayser. Der Industriefilm, seine Anwendung und Verbreitung. Von Generaldirektor Kurt Ascher. Berufsfilme. Von Film-Ingenieur A. Lassally. Zeitlupe und Zeitraffer. Von Dr. K. Krüger. Arzt und Film. Von Dr. med. Kurt Thomalla. Die großen deutschen Konzerne und der Kulturfilm. Von verschiedenen Verfassern. Die Berliner Urania und der Kulturfilm. Von Direktor Dr. von Leszel. Der Kulturfilm und die Fortschritte der Kinotechnik. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. A. Miethe.

Mathematische Mußestunden. Eine Sammlung von Geduldspielen, Kunststücken und Unterhaltungsaufgaben mathematischer Natur. Von Prof. Dr. Hermann Schubert. 4. Auflage, neubearbeitet von Prof. Dr. F. Fitting in München-Gladbach. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1924. 245 Seiten, zahlreiche Abbildungen. Preis geb.: M. 6.

Aus dem Inhalt: Erraten gedachter Zahlen. Vorauswissen erhaltener Resultate. Merkwürdige Zifferfolgen. Über sehr große Zahlen. Umfüllungsaufgaben. Darstellung aller Zahlen als Summen von Potenzen von zwei. Das Bachetsche Gewichtsproblem. Pythagoreische und heronische Zahlen. Magische Quadrate. Eulersche Wanderungen.

Elektrische Treppenbeleuchtung. Eine planmäßige Besprechung der gebräuchlichsten Schaltungen bei Verwendung von Handschaltern sowie insbesondere der selbsttätigen Minutenschalter und Schaltuhren. Für Fachleute und Hauswirte bearbeitet von Ernst Neumann, Oberingenieur. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig, 1924. 68 Seiten, 67 Abb. und 7 Tafeln. Preis: M. 2.

Radiotechnik für Elektrotechniker und Amateure. Eine leicht faßliche Darstellung des Radiowesens. Von W. Knobloch, Elektro-Ingenieur. Verlag Oscar Leiner, Leipzig, 1924. 231 Seiten, 203 Abb. Preis: geh. M. 3, geb. M. 4.20.

Aus dem Inhalt: Elektrotechnik mit besonderer Berücksichtigung der drahtlosen Telegraphie und Telephonie. Die Entstehung eines elektrostatischen oder elektrischen Feldes und seine nutzbare Anwendung für drahtlose Zwecke. Die Entwicklung der Funkentelegraphie. Empfangseinrichtungen. Drahtlose Telephonie. Empfangsapparate für den Rundfunkteilnehmer. Die Schaltung der Empfangsapparate. Antennen und Antennenanlage. Beschreibung einiger Rundfunkgeräte. Heiz- und Anodenbatterien. Die Reichweite der Empfänger. Hochfrequenztelephonie auf Leitungen.

Elektrische Meßkunde. Von Dr.-Ing. Fritz Cramer, Dozent am Technikum Mittweida. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig, 1924. 251 Seiten, 146 Abb. und eine Bildbeilage. Preis geh.: M. 9, geb.: M. 10.

Aus dem Inhalt: Meßinstrumente und Apparate für Messungen elektrischer Größen. Meßverfahren und Meßschaltungen zur Messung elektrischer Größen. Meßverfahren und Apparate zur Bestimmung magnetischer Zustände und Größen.

Der Film in der Technik. Von R. Thun, Ingenieur. V. D. I.-Verlag, Berlin, 1925. 286 Seiten, 103 Abb., 1 Tafel.

Aus dem Inhalt: Psychologische und physiologische Grundlagen. Photochemische Grundlagen. Optische Grundlagen. Mechanische Grundlagen. Der Film als Forschungsmittel. Der Film als Anschauungsmittel. Die Aufgabe von Filmen. Die Vorführung von Filmen.

Klingende Wellen. Rundfunk-Plaudereien von Joachim Boehmer. Band 77 der Zellenbücherei. Verlag Dürr & Weber, Berlin, 1924. 95 Seiten, Preis: geb. M. 1,50.

Chlorkalk. Rohstoffe und Erzeugnis. Von Fritz Eisemann, Dipl.-Ing., Kalkverlag G. m. b. H., Berlin, 1925. 32 Seiten, Preis: geh. M. 1,80.

Aus dem Inhalt: Rohstoffe, Kalk, Chlor. Herstellung. Die chemische Zusammensetzung. Verwendung: Bleichchlor, Entseuchung. Chemischer Rohstoff. Wirkungsweise. Physiologische Wirkung des Chlors und des Chlorkalkes. Lagerung und Handelsware. Bewertung. Die Chlorkalkerzeugung.

Die Reduktion der Eisenerze in elektrischen Öfen. Sammlung technischer Forschungsergebnisse, 12. Band. Von Hans v. Jüptner, Hofrat und Professor an der Technischen Hochschule in Wien. Verlag Arthur Felix, Leipzig, 1924. 279 Seiten, 67 Abb. Preis: geh. M. 9, geb. M. 10,50.

Aus dem Inhalt: Die Reduktion der Eisenerze in elektrischen Öfen. Die Versuche von Stassano, Keller, Héroult, Gonley, Ruthenburg, Harmet. Die elektrothermische Eisenerzeugung in Skandinavien. Die elektrothermische Herstellung von Eisenlegierungen. Theoretische Betrachtung über die Eisenerzeugung in elektrischen Öfen.

Der Taylorismus als Hilfe in unserer Wirtschaftsnot. Von Edgar Herbst, Vorsitzender der Forschungsgesellschaft für wissenschaftliche Betriebsführung in Wien. (Der Aufstieg. Neue Zeit- und Streitschriften Nr. 19/20). Dritte erweiterte Auflage. Anzengruber-Verlag, Leipzig und Wien. 32 Seiten. Preis: M. 3.

Technisches Rechnen. Einführung in das technische Rechnen für alle Berufszweige. Von Baurat Ingenieur J. Feldmann. Anzengruber-Verlag, Leipzig und Wien. 120 Seiten. Preis: geh. M. 2.

Internationale Technische Arbeitsgemeinschaft für wissenschaftliche Wirtschaftsordnung. Erweiterter Vortrag von Otto Lang, gehalten im „Verein deutschösterreichischer Ingenieure". Anzengruber-Verlag, Leipzig und Wien, 63 Seiten. Preis: geh. M. 1.

Grundgedanke: Wirtschaft heißt: Gütergebarung, die dem Wohle der Menschen entspricht; jede andere Gebarung ist Mißwirtschaft.

Vektoranalysis. Von Dr. Ludwig Peters. Mathematisch-physikalische Bibliothek. Herausgegeben von W. Lietzmann und A. Witting. Band 57. Verlag B. G. Teubner,

Leipzig und Berlin, 1924. 40 Seiten, 24 Abb. Preis: geh. M. 0,80.

Aus dem Inhalt: Vektor und Skalar. Zusammensetzung von Vektoren. Multiplikation mit Skalar. Vektorlinien und Niveauflächen. Das innere und das äußere Produkt. Differentiation nach einem Skalar. Der Gradient. Die Divergenz. Das wirbelfreie und das quellenfreie Feld.

Unsere Kohlen. Eine Einführung in die Geologie der Kohlen unter Berücksichtigung ihrer Gewinnung, Verwendung und wirtschaftlichen Bedeutung. Von Berg-Assessor Dr. Paul Kukuk, Leiter der geologischen Abteilung der Westfälischen Berggewerkschaftskasse zu Bochum. Privatdozent für angewandte Geologie an der Universität Münster. Dritte verbesserte Auflage. Aus Natur und Geisteswelt, Sammlung wissenschaftlich-gemeinverständlicher Darstellungen. 396. Band. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin, 1924. 118 Seiten, 55 Abb. und 3 Tafeln. Preis: geb. M. 1,60.

Aus dem Inhalt: Entstehung der Kohlengesteine. Die chemischen und physikalischen Verhältnisse der Kohle. Einteilung der Kohlen. Die geologischen Verhältnisse der Kohlenbildung. Veränderungen der ursprünglichen Ablagerungsverhältnisse. Vorkommen der Steinkohlenlagerstätten in geographischer Hinsicht. Die Braunkohlenvorkommen. Die Torfmoore und ihre Verteilung auf die einzelnen Länder. Abbau und Gewinnung nebst Aufbereitung und Preßkohlendarstellung. Die technische Verwendung der Kohlen. Weltkohlenvorräte, Kohlenerschöpfung und Kohlenersatz.

Sammlung elektrochemischer Rechenaufgaben mit einer kurzen Übersicht über die wichtigsten Lehrsätze und Konstanten. Von Dr.-Ing. Gustav F. Hüttig, Professor für anorganische und physikalische Chemie an der Universität Jena. Sammlung Göschen, Band 892. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1924. 102 Seiten. Preis: geb. M. 1,25.

Aus dem Inhalt: Übersicht über die wichtigsten Begriffe, Einheiten und Gleichungen, Rechenbeispiele. Auflösungen. Elektrochemische Literatur.

Elektrochemie und ihre physikalisch-chemischen Grundlagen. I. Allgemeine Elektrochemie. Von Dr. Heinrich Danneel, Privatdozent an der Universität Rostock. Sammlung Göschen. Band 252. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1924. 173 Seiten, 19 Abb. Preis: geb. M. 1.25.

Aus dem Inhalt: Begriffe der Arbeit, der Stromstärke und Spannung. Chemisches Gleichgewicht, Statik und Kinetik. Dissoziationstheorie und Theorie der Lösungen. Leitfähigkeit. Elektromotorische Kraft und elektrochemische Stromerzeugung. Polarisation und Elektrolyse. Elektronen und ihre Theorie.

Der physikalische Gehalt der speziellen Relativitätstheorie. Von Dr. G. Gawronsky, Privatdozent an der Universität Bern. Verlag J. Engelhorn Nachf. Stuttgart. 1925. 64 Seiten.

Aus dem Inhalt: Ableitung und Deutung der Lorentz-Transformation. Das Uhren-Paradoxon und die „rotierende Scheibe". Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.

Gaserzeuger in Glashütten. Herausgegeben von der Wärmetechnischen Beratungsstelle der deutschen Glasindustrie Frankfurt a. M. Selbstverlag der W. B. G. 1925. 42 Seiten, 18 Abb. Preis: geh. M 3,—.

Aus dem Inhalt: Vorgänge in den Gaserzeugern. Einfluß der Brennstoffbeschaffenheit. Gebräuchlichste Bauarten der Gaserzeuger. Hilfseinrichtungen und Zubehör. Betrieb der Gaserzeuger.

Wähleramt und Wählvorgang. Eine Einführung von Joseph Woelk, Telegraphendirektor im Telegraphentechnischen Reichsamt. 2. erweiterte Auflage. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin 1925. 41 Seiten, 22 Abb. und 2 Tafeln. Preis: geh. 1,80.

Aus dem Inhalt: Der Wähler. Der Nummernschalter. Der Wählerrelaissatz. Das Wesen des Wahlvorganges. Der Sucher. Der Verbindungsaufbau. Die Vorwahlstufe. Besetztprüfung. Ruf, Summerzeichen. Zählung. Mehrfachanschlüsse. Der Signalsatz. Einfluß von Anschlußleitungen und Sprechstellenschaltung bei dem Wahlvorgang.

Die Rechtsprechung des Reichswirtschaftsgerichts zur Verordnung über die schiedsgerichtliche Erhöhung von Preisen bei der Lieferung von elektrischer Arbeit, Gas und Leitungswasser. Vom 1. Februar 1919 bis 16. Juni 1922. Zusammengestellt von Dr. jur. Erich Riccius, Rechtsanwalt und Notar, Berlin. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin. 124 Seiten. Preis: geh. M 5,—.

Höhere Mathematik für Mathematiker, Physiker und Ingenieure. Von Dr. Rudolf Roth, ordentl. Prof. an der Technischen Hochschule Berlin. Teil I: Differentialrechnung und Grundformeln der Integralrechnung nebst Anwendungen. Verlag B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1925. 185 Seiten, 155 Abb. Preis: geh. M 5, –.

Aus dem Inhalt: Zahlen, Veränderliche und Funktionen. Hauptsätze der Differentialrechnung und Grundformeln der Integralrechnung. Funktion von zwei und mehr Veränderlichen. Differentialgeometrie ebener Kurven. Komplexe Zahlen. Veränderliche und Funktionen.

Der Leistungsfaktor ($\cos \varphi$) in Wechselstromanlagen. Ursachen, Wirkungen und Verbesserungen. Von Willibald Fuhrmann, Ingenieur. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig 1925. 166 Seiten, 122 Abb. und 1 Tafel. Preis: geh. M 6,20.

Aus dem Inhalt: Wesen und physikalische Ursachen des Leistungsfaktors. Messung des Leistungsfaktors und der mit ihm zusammenhängenden Größen. Technische Ursachen der Phasenverschiebung. Technische und wirtschaftliche Nachteile der Phasenverschiebung. Mittel zur Verbesserung der Phasenverschiebung. Tarifmaßnahmen zur Verbesserung der Phasenverschiebung. Richtlinien zur Verbesserung des Leistungsfaktors.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.

SIEMENS-ZEITSCHRIFT

SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT

SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

9. HEFT • BERLIN / SEPTEMBER 1925 • JAHRGANG 5

Regelbare Drehstrom-Antriebe für Maschinen mit quadratisch ansteigendem Moment

Von Karl Baudisch, Abt. Industrie der SSW.

Für Arbeitsmaschinen mit quadratisch ansteigendem Moment, wie Ventilatoren, umlaufende Pumpen und Kompressoren, werden heute fast ausnahmslos Drehstrom-Antriebe verwendet. Insbesondere Grubenventilatoren und Kompressoren auf Berg- und Hüttenwerken stellen lebenswichtige Betriebe dar, deren Benutzungsdauer außerordentlich hoch ist. Der Antrieb muß daher in erster Linie den Bedingungen höchster Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit genügen.

Die Regelung der Fördermenge, die bei Ventilatoren und Kompressoren ganz erheblichen Schwankungen unterworfen ist, kann grundsätzlich auf zwei verschiedenen Wegen erreicht werden,
1. durch Drosselung bei konstanter Umlaufzahl,
2. durch Veränderung der Antriebsdrehzahl.

Es sollen im nachstehenden die einzelnen Regelungsmöglichkeiten zunächst für Ventilatoren behandelt werden, die Ergebnisse lassen sich ohne weiteres auf andere Arbeitsmaschinen mit quadratisch ansteigendem Moment übertragen.

1. Die Regelung der Wettermenge durch Drosselung bei konstanter Antriebsdrehzahl des Ventilators ist bekanntlich die unwirtschaftlichste. Der Kraftbedarf L_{mech} an der Welle des Ventilators errechnet sich zu

$$L_{mech} = \frac{Q \cdot h}{\mu \cdot \eta \cdot 102} \text{ kW}, \tag{1}$$

wenn Q die ausziehende Wettermenge in m^3/s, h die erzeugte nutzbare Pressung in mm/WS, μ den manometrischen Wirkungsgrad (0,65 — 0,8) und η den mechanischen Wirkungsgrad des Ventilators bedeutet. Die Pressung h ist proportional dem Quadrat der Umfangsgeschwindigkeit u des Flügelrades und ermittelt sich zu

$$h = \frac{\mu \cdot u^2}{\gamma}, \tag{2}$$

wobei mit γ das spezifische Gewicht der Luft (1.2 kg/m^3) bezeichnet wird.

Mit diesen Beziehungen kann man den Kraftbedarf an der Ventilatorwelle ermitteln. Bei konstanter Antriebsdrehzahl bleibt nach Gleichung 2 die Pressung konstant. Gemäß Gleichung 1 sinkt also der Leistungsbedarf proportional mit der Wettermenge, tatsächlich sinkt er jedoch mit zunehmender Drosselung wegen des steigenden Einflusses der Verluste langsamer und erreicht bei völliger Absperrung einen Wert, der 30 bis 40% der Vollastleistung des Ventilators beträgt.

2. Weit wirtschaftlicher gestaltet sich die Regelung der Wettermenge durch Veränderung der Antriebsdrehzahl. Der Leistungsbedarf ändert sich kubisch mit der Umlaufszahl,

$$L_{mech\,1} : L_{mech\,2} = n_1^3 : n_2^3, \tag{3}$$

die Pressung nach Gleichung 2 mit dem Quadrat der Drehzahl. Diese Gleichung bildet die Grundlage zur Ermittlung der Leistungsverhältnisse der elektrischen Antriebe mit Drehzahlregelung. Sie läßt ohne weiteres erkennen, daß bei einer Regelung der Wettermenge um 30% unter Vernachlässigung der Eigenverluste der Maschinen der Leistungsbedarf bei Drosselung auf 70% des Vollastwertes zurückgeht, bei Drehzahlregelung jedoch auf 34,3% sinkt. Wenn man bedenkt, daß neuzeitliche Hauptschachtventilatoren bis zu Leistungen von 1500 kW und darüber hinaus ausgeführt werden, so ist der Wahl des Antriebes in erster Linie alle Beachtung zu widmen. Zur Drehzahlregelung sind verschiedene Antriebssysteme ausgebildet worden. Am häufigsten verwendet man einen Asynchronmotor mit

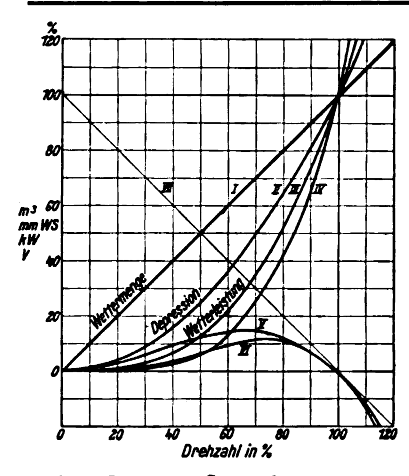


Bild 1. Leistungsflüsse für Antriebe mit quadratischem Moment durch Asynchronmotor, elektrisch und mechanisch gekuppelten Regelsatz.

I = n
II = n^2 (Depression)
III = n^3 Vordermotorleistung des elektrisch gekuppelten Satzes
IV = n^4 Vordermotorleistung des mechanisch gekuppelten Satzes
V = $n^2 - n^3$ Hintermaschinenleistung des elektrisch gekuppelten Satzes
VI = $n^3 - n^4$ Hintermaschinenleistung des mechanisch gekuppelten Satzes
VII = Schleifringspannung des Vordermotors

Regelung durch Schlupfwiderstand, die mit Verlusten und bei Teillasten mit einem schlechten Leistungsfaktor verbunden ist; für mittlere Leistungen kommen Kommutatormotoren in Frage; für größere Antriebe elektrisch und mechanisch gekuppelte Regelsätze, die in ihrer neuesten Durchbildung für unter- und übersynchronen Betrieb nach dem heutigen Stand der Technik den vollkommensten verlustlos regelbaren Drehstrom-Großantrieb darstellen. Bei der Zahl der Antriebssysteme ist eine sorgfältige Auswahl nach wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gesichtspunkten erforderlich.

Zu einem Vergleich sei zunächst die Verlustregelung mit Asynchronmotor herangezogen. Der Einfachheit halber sollen die Eigenverluste der Maschinen zunächst vernachlässigt werden. Man kann dann an Hand der Ergebnisse durch Eingehen in die Wirkungsgradkurve des Ventilators und des elektrischen Teiles die tatsächlichen Leistungsverhältnisse leicht ermitteln. In Bild 1 ist die Wettermenge, die Depression und der Leistungsbedarf unter dieser Annahme über der Drehzahl in % aufgetragen. Der Motor wird mit einer mechanischen Leistung an der Welle beansprucht, die nach Gleichung 3 $L_{mech} = Cn^3$ ist, wenn n die Betriebsdrehzahl in % der synchronen Drehzahl bedeutet. Die aufgenommene Leistung L des Motors ergibt sich aus L_{mech} und der im Schlupfwiderstand vernichteten Energie $L_2 = L\,(1-n)$ mit $L = L_{mech} + L\,(1-n)$.

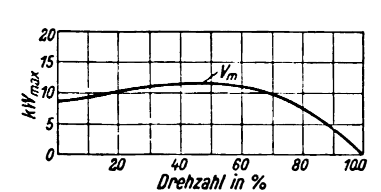


Bild 2. Mittlerer Verlust V im Schlupfwiderstand bei gleichmäßiger Benutzung des Regelbereiches.

$$(4) \qquad L = \frac{L_{mech}}{n} = \frac{C \cdot n^3}{n} = Cn^2.$$

Hieraus ergibt sich der Verlust im Schlupfwiderstand

$$(5) \qquad L_2 = L\,(1-n) = Cn^2\,(1-n).$$

Diese Beziehung ist ebenfalls in Bild 1 aufgetragen, man erkennt, daß die im Schlupfwiderstand vernichtete Energie mit sinkender Drehzahl einem Maximum zustrebt und bis zum Stillstand des Antriebes wieder abnimmt. Es ist wichtig, für die Bemessung des Schlupfwiderstandes dieses Maximum zu kennen. Durch Differentiation von Gleichung 5 ergibt sich ein Höchstverlust von 14,8% bei einer Drehzahl von 66% der synchronen. Dieser Höchstverlust würde bei Aufstellung von Wirtschaftlichkeitsrechnungen für den Antrieb mit Asynchronmotor zu ungünstige Werte ergeben. Einen weit zutreffenderen Vergleich gewinnt man bei Antrieben mit Drehzahlregelung dann, wenn man die Verluste bei gleichmäßiger Benutzung des Regelbereiches zugrunde legt. Man erhält diesen Verlust V_m durch Intregation von Gleichung 5 zu

$$(6) \qquad V_m = \frac{1}{1-n} \int Cn^2 (1-n) \cdot d\,(1-n) = {}^1/_2 C\,(1-n) - {}^2/_3 C\,(1-n)^2 + {}^1/_4 C\,(1-n)^3 + K.$$

Die Intregationskonstante K wird 0, da bei n = 1 und n = 0 $L_2 = 0$ wird.

Für verschiedene Regelbereiche ist der Verlust V_m in Bild 2 eingetragen. Man kann bei den meisten vorgesehenen Regelbereichen von 25 bis 40% mit etwa 10% der Vollastleistung als Dauerverlust rechnen. Bei einem Hauptschacht-Ventilator von 1000 kW Höchstleistung gehen also im Mittel bei gleichmäßiger Benutzung des Regelbereiches $100 \times 8600 = 860000$ kWh jährlich verloren, bei einem Preise von 2,5 Pfg/kWh, also 21,500 Goldmark. Tatsächlich stellen sich die Verhältnisse eher noch ungünstiger, da bei Teillasten der Asynchronmotor, der bei direkter Kupplung als Langsamläufer von etwa 250 bis 300 Umdr/min mit schlechtem Leistungsfaktor arbeitet und die durch die Blindströme verursachten Verluste dem Antrieb zur Last ge-

legt werden müssen. Es sind daher Antriebe anzuwenden, bei denen diese Nachteile vermieden werden, wobei die entstehenden Mehrkosten durch den erzielten Nutzen gedeckt werden müssen.

Es war naheliegend, zunächst nach Möglichkeit den betriebssicheren und im Aufbau einfachen Asynchronmotor zu verwenden. Eine verlustlose Änderung seiner Geschwindigkeit war nur stufenweise durch Veränderung seiner Polzahl zu erzielen. Da mit einem gewöhnlichen polumschaltbaren Motor für den in Frage kommenden Regelbereich keine passenden Drehzahlen erreicht werden konnten, griff man zur Kaskadenschaltung zweier Asynchronmotoren. Das Prinzipschaltbild zeigt Bild 3. An den Vordermotor, der ständerseitig am Netz liegt, ist läuferseitig ein asynchroner Hintermotor angeschlossen, der mit dem Vordermotor entweder unmittelbar oder über Riemen gekuppelt werden kann. Der Hintermotor wird meistens polumschaltbar ausgeführt, so daß man mehrere Drehzahlstufen verlustlos einstellen kann. Sein Läufer trägt eine Kurzschlußwicklung, um beim Übergang von einer Polzahl zur anderen nur die Ständerwicklung umschalten zu müssen. Die jeweilige Drehzahl der Kaskade erhält man nach der Beziehung

$$n = \frac{60 \cdot f}{p_1 + p_2}, \qquad (7)$$

in welcher p_1 und p_2 die Polpaarzahlen des Vorder- und Hintermotors und f die Netzfrequenz bezeichnen.

So erhält man für eine Polzahl 24 des Vordermotors, wenn der Hintermotor auf 2, 4 und 8 Pole umschaltbar ist, die Drehzahlen 250, 231, 214 und 188. Für eine Kaskade von 1200 PS bei höchster Drehzahl wurden Wirkungsgrade von 94,46, 91,3, 90,5 und 89,9 % bei den einzelnen Geschwindigkeitsstufen festgestellt[1]).

Trotz dieser günstigen Ergebnisse und der hohen Betriebssicherheit der Induktionskaskaden entsprechen sie den Grundforderungen einer verlustlosen Regelung nicht vollkommen. Die Regelung soll feinstufig sein, die Bedienung einfach und der Leistungsfaktor auf einen möglichst hohen Wert verbessert werden. Der Leistungsfaktor der Induktionskaskade ist besonders bei Teillasten schlecht, er liegt meistens unter $\cos\varphi = 0{,}7$; die Erreichung der einzelnen Drehzahlstufen ist verhältnismäßig umständlich, Zwischenwerte können nur durch Verlustregelung mit Schlupfwiderstand erreicht werden, die natürlich den Wirkungsgrad herabdrückt. In Bild 4 sind die Betriebsverhältnisse eines Ventilators mit Induktionskaskade dargestellt. Man erkennt, daß beim Übergang von einer Drehzahl zur nächsten schon ganz erhebliche Änderungen der Leistungsaufnahme entstehen; man wird daher zur Widerstandsregelung oder Drosselung greifen. Die Verluste, die hierbei auftreten, sind schraffiert angedeutet. Ebenso ist der Wirkungsgrad und der Leistungsfaktor bei den einzelnen kaskadensynchronen Drehzahlen, sowie bei Einstellung von Zwischenwerten durch Widerstandsregelung angegeben. Die Nachteile dieser Regelung drängten zu anderen Lösungen, zur Anwendung von Drehstrom-Kommutatormotoren entweder zum direkten Antrieb oder als Hintermaschine bei Regelsätzen.

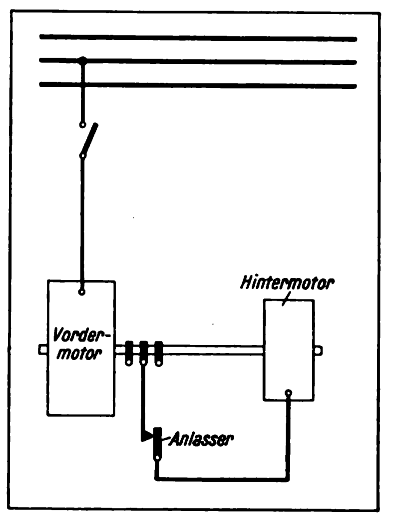


Bild 3. Schaltung der Induktionskaskade.

Für Antriebe mit quadratisch ansteigendem Moment eignet sich der Drehstrom-Reihenschlußmotor für kleinere und mittlere Leistungen. Für die in Betracht kommenden Regelbereiche von 25 bis 40 % der sychronen Drehzahl kommt nur ein Motor mit einfachem Bürstensatz in der Schaltung nach Bild 5 zur Verwendung. Der Ständer des Motors hat eine

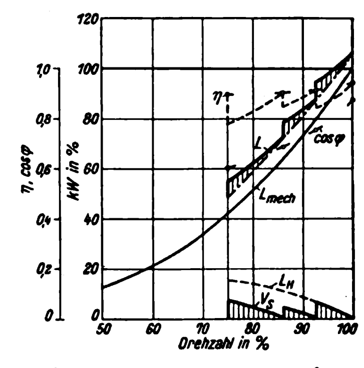


Bild 4. Antrieb eines Grubenlüfters durch Induktionskaskade.

Lmech = Antriebsleistung
L = Leistungsaufnahme
LH = Leistung der Hintermaschine
VS = Verlust im Schlupfwiderstand
η = Wirkungsgrad
cos φ = Leistungsfaktor

[1]) Zederbohm, EKB 1912 S. 445.

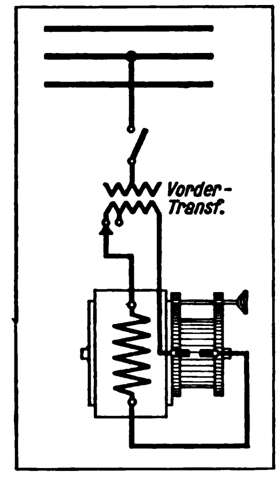


Bild 5. Drehstrom-Reihenschlußmotor mit Vordertransformator.

normale Dreiphasenwicklung und wird bei Spannungen bis 500 V unmittelbar, bei höheren Spannungen über einen Vordertransformator an das Netz gelegt. Die Ständerwicklung ist sekundär offen und wird entweder unmittelbar mit den Bürsten des Kommutators oder unter Verwendung des Zwischentransformators an den Läufer angeschlossen. Die Läuferwicklung ist als Gleichstromwicklung ausgeführt. Der Zwischentransformator ist im allgemeinen nur für 30 bis 40 % der Leistung des Motors zu bemessen. Das Anlassen und Regeln der Drehzahl erfolgt lediglich durch Bürstenverschiebung, entweder von Hand oder mittels einer elektrischen Bürstenverstellvorrichtung durch Druckknopfsteuerung. Besondere zusätzliche Apparate entfallen, die Bedienung ist daher die denkbar einfachste. Infolge der Reihenschaltung des Ständers und Läufers wird der Netzspannung durch die geometrische Summe der Ständer- und Läuferspannung das Gleichgewicht gehalten. Stehen die Bürsten in der Stellung für synchrone Drehzahl, so besteht keine Relativgeschwindigkeit zwischen Drehfeld und Läuferstäben, es kann also im Läufer keine Spannung induziert werden; die in der Ständerwicklung auftretende Spannung ist entgegengesetzt gleich der Netzspannung. Verschiebt man nun die Bürsten in dem einen oder anderen Sinn aus der Synchronstellung, so wird dem Läufer eine Spannung aufgedrückt,

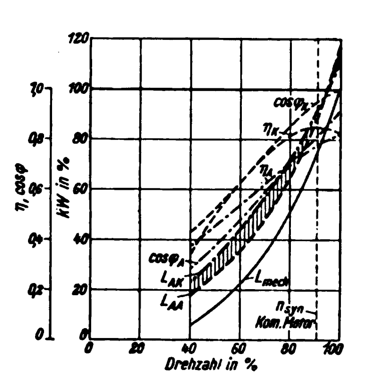


Bild 6. Antrieb eines Grubenlüfters durch Drehstrom-Reihenschlußmotor im Vergleich zu Asynchronmotor mit Widerstandsregelung.

L_{mech} = Antriebsleistung
L_{AA}, L_{AK} = Leistungsaufnahme
η_A, η_K = Wirkungsgrade
$\cos\varphi_A$, $\cos\varphi_K$ = Leistungsfaktor
Index A = Asynchronmotor
" K = Kommutatormotor

deren Größe und Phase abhängig vom Bürstenverschiebungswinkel ist. Der Motor wird dabei je nach dem Sinn der Bürstenverschiebung entweder unter- oder übersynchrone Drehzahlen annehmen. Mit Rücksicht auf die schnell zunehmende Leistung wird man den Regelbereich im Übersynchronismus zu etwa 10 % der synchronen Drehzahl wählen. Infolge der Reihenschlußcharakteristik kann der Motor bei Entlastung sich auf zu hohe Geschwindigkeiten beschleunigen, weshalb Fliehkraftschalter vorzusehen sind. Bei Verwendung eines Zwischentransformators kann man durch hohe Sättigung eine Begrenzung der Leerlaufdrehzahl auf ein ungefährliches Maß erzielen. Der Bedingung höchster Einfachheit der Bedienung entspricht der Kommutatormotor in hohem Maße. Bezüglich der Betriebssicherheit ist zu bemerken, daß sich größere Motoren in langjährigem Betriebe ohne erheblichen Bürstenverschleiß durchaus bewährt haben und bei den erzielten Fortschritten bezüglich der Kommutierung keine Schwierigkeiten bestehen. Nachteilig einer häufigeren Verwendung von Kommutatormotoren ist allerdings ihr verhältnismäßig hoher Preis. Wie später gezeigt wird, bieten deshalb für mittlere Leistungen und beschränkte Regelbereiche, wie sie für derartige Antriebe in Frage kommen, Regelsätze wesentliche Vorteile.

In Bild 6 sind die Betriebsverhältnisse eines Ventilators mit Antrieb durch einen Reihenschlußmotor im Vergleich mit einem entsprechenden Asynchronmotor eingetragen, wobei angenommen ist, daß der Reihenschlußmotor im höheren Drehzahlbereich übersynchron läuft, eine Forderung, die man, falls direkte Kupplung mit dem Ventilator keine passenden Drehzahlen ermöglicht, mit Riemenantrieb ohne weiteres erfüllen kann. Bei obersten Drehzahlen ist der Asynchronmotor dem Kommutatormotor wegen seines höheren Wirkungsgrades überlegen. Aber schon bei mäßigen Abweichungen von der Höchstdrehzahl tritt eine Energieersparnis ein. Der Leistungsfaktor des Kommutatormotors ist erheblich besser als der des Asynchronmotors und nähert sich bei obersten Drehzahlen dem Wert 1. Eine weitere Verbesserung des Leistungsfaktors und auch des Wirkungsgrades des Reihenschlußmotors kann man bei Antrieben mit quadratisch ansteigendem Moment dadurch er-

zielen, daß man den Vordertransformator des Reihenschlußmotors mit Anzapfungen versieht und dem Ständer des Motors bei Teillasten geringere Spannungen zuführt. Das Moment des Reihenschlußmotors ist proportional dem Quadrat der aufgedrückten Spannung, man erhält also durch Herabsetzung der Netzspannung eine ausgezeichnete Anpassung an die Drehmoment-Charakteristik des Antriebes; der erforderliche Magnetisierungsstrom wird geringer und ebenso die Verluste. Man wird sich meist mit einer oder zwei Anzapfungen begnügen.

Wie das Diagramm zeigt, ist die Energieersparnis bei Antrieben mit Ventilatormoment nicht sehr erheblich. Es lohnt sich daher, die Grenzbedingung für die wirtschaftliche Anwendung von Kommutatormotoren für diese Antriebe zu untersuchen. Bedeuten K_K und K_A die Anschaffungskosten des Kommutator- und des Asynchronmotors, so gilt folgende Beziehung

$$(8) \qquad \left(\frac{C_A\, n^2}{\eta_A} - \frac{C_K\, n^3}{\eta_K}\right) \cdot t \cdot k = (K_K - K_A) \cdot p,$$

wenn mit t die jährliche Betriebsstundenzahl, mit k die Kosten der kWh und mit p ein Faktor für Amortisation und Verzinsung bezeichnet wird. Bei gleichmäßiger Benutzung des Regelbereichs stellt aber der Klammerausdruck nichts anderes dar, als den linearen Mittelwert a der Leistungsdifferenz der schraffierten Fläche im Diagramm. Setzt man die Kosten des Kommutatormotors mit dem 2,2fachen Betrag desjenigen des Asynchronmotors ein, und wählt p zu 0,15 bis 0,2, so vereinfacht sich diese Gleichung zu

$$a \cdot t \cdot k \gtreqless 0{,}18\ K_A \text{ bis } 0{,}25\ K_A.$$

Die Gleichung besagt, daß die Wirtschaftlichkeit des Kommutatormotors um so günstiger wird, je größer sein Wirkungsgrad, die Benutzungsdauer und die Kosten der kWh sind und je kleiner die Preisdifferenz zwischen beiden Maschinenarten ist. Bei Verwendung von Kommutatormotoren muß mindestens eine jährliche Ersparnis an Energiekosten erreicht werden von 18 bis 25 % der Anschaffungskosten eines entsprechenden Asynchronmotors. Aus diesen Beziehungen geht ohne weiteres hervor, daß stets eine genaue Nachprüfung der Wirtschaftlichkeit erforderlich ist; sie ist bei Ventilatorantrieben mit Kommutatormotoren nicht immer ohne weiteres erfüllt.

Der Bau von Kommutatormotoren erreicht mit Rücksicht auf die beschränkte Leistung, die man je Polpaar unterbringen kann, eine Ausführungsgrenze von etwa 500 kW — 50 Per., oder in der Nähe liegende Frequenzen vorausgesetzt — und damit eine Leistung, die zum Antrieb von Großventilatoren bei weitem nicht mehr ausreicht. Außerdem stellen sich die Gestehungskosten großer Kommutatormotoren verhältnismäßig hoch. Es wurden daher frühzeitig Kaskadenschaltungen zur verlustlosen Regelung verwendet, bei denen die Schlupfenergie des Asynchronmotors mit Hilfe von Kommutatormaschinen zurückgewonnen wird.

Es sind grundsätzlich zwei Schaltungen verwendet worden, bei denen die Schlupfenergie des Vordermotors entweder — nach entsprechender Frequenzumformung — an das Netz zurückgegeben, oder — in mechanische Energie umgesetzt — der Welle des Vordermotors zugeführt wird. Die erste Anordnung führt zum Regelsatz mit elektrisch gekuppelter Hintermaschine, die zweite zum Regelsatz mit mechanisch gekuppelter Hintermaschine. Entsprechend diesen Grundschaltungen ist innerhalb der Regelsätze eine verschiedene Verteilung der Leistungsflüsse zu erwarten, deren Kenntnis für die richtige Wahl des Antriebes von Bedeutung ist.

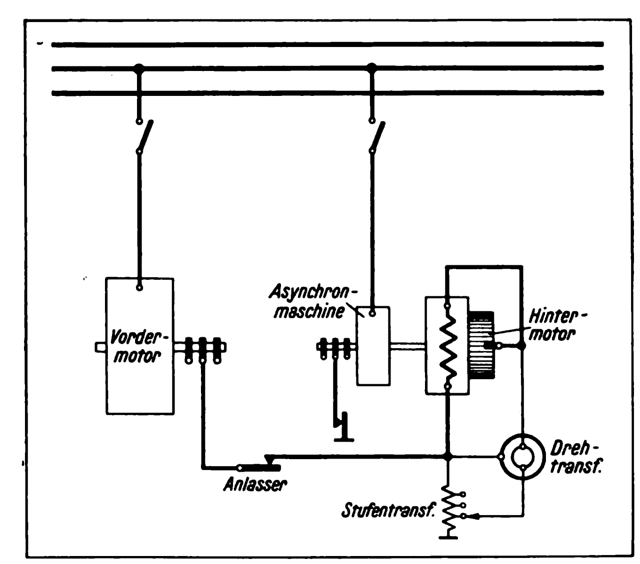


Bild 7. Schaltung des elektrisch gekuppelten Drehstrom-Regelsatzes mit Nebenschlußverhalten für untersynchrone Regelung.

Die Schaltung eines elektrisch gekuppelten Drehstrom-Regelsatzes für untersynchronen Betrieb des Hauptmotors zeigt Bild 7. An die

Schleifringe des Hauptmotors ist eine Drehstrom-Kommutatormaschine angeschlossen, die mit einem asynchronen Generator mechanisch gekuppelt wird. Der Ständer der Kommutatormaschine trägt eine normale Dreiphasenwicklung. Diese ist mit der Gleichstromwicklung des Läufers über die am Kommutator schleifenden Bürsten in Reihe geschaltet. Die Bürstenbrücke ist nicht wie bei regelbaren Kommutatoren verdrehbar angeordnet, sondern wird ein für allemal fest eingestellt. Im Nebenschluß zur Ständerwicklung ist an den Schlupfstromkreis ein Erregertransformator T, der als Stufentransformator durchgebildet ist, angeschlossen, ferner ein Phasentransformator DT zwischengeschaltet. Durch die Größe und Phase der dem Ständer der Hintermaschine aufgedrückten Spannung ist ihr Feld Φ_h bestimmt. Diese Spannung E_{err} ist dem Feld der Hintermaschine und der Läuferfrequenz f_2 des Vordermotors proportional

$$E_{err} = C\Phi_h \cdot f_2 = C\Phi_h \ (1-n) \text{ oder}$$

$$(9) \qquad \Phi_h = \frac{E_{err}}{C\,(1-n)},$$

wobei $(1-n)$ den Schlupf des Vordermotors bezeichnet.

Wenn man das Übersetzungsverhältnis ü des Erregertransformators berücksichtigt und die Stillstandspannung des Vordermotors einführt, so erhält man

$$E_{err} = E_2 \cdot (1-n) \cdot ü;$$

führt man diese Beziehung in Gleichung 9 ein, so erhält man

$$(10) \qquad \Phi_h = \frac{E_2 \cdot (1-n) \cdot ü}{C \cdot (1-n)} = \text{Const.}\,ü.$$

Das Feld der Hintermaschine ist also unabhängig von der Läuferfrequenz des Vordermotors und der Belastung des Regelsatzes und lediglich durch die am Erregertransformator abgegriffene Spannung gegeben. Die Hintermaschine wird also eine konstante, der Läuferspannung des Vordermotors entgegenwirkende Spannung entwickeln; der Regelsatz verhält sich wie eine Nebenschlußmaschine. Es ist ohne weiteres erkennbar, daß eine Regelung des Vordermotors nur im Untersynchronismus möglich ist, denn bei synchronem Lauf des Vordermotors wird dessen Läuferspannung 0, die Hintermaschine kann keine Spannung entwickeln, die den Ohmschen und induktiven Widerstand im Läufer des Vordermotors überwinden kann, da sie vom Schlupfstromkreis aus erregt wird. Man muß den Vordermotor für eine Polzahl bemessen, die der höchsten im Betrieb auftretenden Drehzahl entspricht.

Um die Erregerspannung nicht nur in der Größe, sondern auch in der Phase eindeutig beherrschen zu können, liegt im Erregerkreis noch ein kleiner Drehtransformator DT, der zur Phasenkompensation des Vordermotors dient, also eine Spannung erzeugt, die gegen die Läuferspannung des Vordermotors um 90° verschoben ist. An Stelle des etwas kostspieligen Drehtransformators kann man einen normalen Transformator verwenden, dessen Phasen gegenüber dem Erregertransformator T zyklisch vertauscht sind. Man erreicht auch mit diesem einfacheren Hilfsmittel eine Phasenkompensation des Vordermotors auf praktisch $\cos\varphi = 1$ bei allen Belastungen.

Beim elektrisch gekuppelten Regelsatz wird die Schlupfleistung an das Netz zurückgegeben, statt im Schlupfwiderstand vernichtet. Die Leistungsverteilung wird daher im wesentlichen die gleiche sein wie beim Asynchronmotor. Die dem Netz vom Vordermotor entnommene Leistung beträgt Cn^2, die an das Netz zurückgegebene Leistung, abgesehen von den Verlusten der Hintermaschine, $C\,(n^2-n^3)$. Die Leistungsverhältnisse können also ebenfalls Bild 1 entnommen werden. Man könnte nun annehmen, daß die Kommutator-Hintermaschine nur für diese Leistung zu bemessen ist. Es ist jedoch zu berücksichtigen, daß maximaler Strom und maximale Spannung, die ihr zugeführt werden, nicht gleichzeitig auftreten. Der Höchststrom tritt bei oberster Drehzahl, die maximale Spannung $E_2\,(1-n)$ bei tiefster Drehzahl auf, so daß die Hintermaschine tatsächlich für eine Leistung

$$(11) \qquad L_h = L_{max}\,(1-n)$$

zu bemessen ist. Für eine Regelung von 30% ist die Hintermaschine also im wesentlichen für 30% der Höchstleistung des Vordermotors auszuführen. Aus Gleichung 5 ist jedoch zu erkennen, daß die tatsächliche Leistung der Hintermaschine erheblich geringer ist, d. h. sie wird

verhältnismäßig schlecht ausgenutzt. Für die Herabsetzung der Abmessungen der Hintermaschine bestehen grundsätzlich zwei Möglichkeiten: Herabsetzung der Schlupfspannung des Vordermotors, Verwendung der unter- und übersynchronen Regelung.

Die einfachste und billigste Maßnahme zur Herabsetzung der Stillstandsspannung ist die Sterndreieckumschaltung des Vordermotors. Bekanntlich wird beim Übergang von Stern auf Dreieck die Stillstandspannung des Vordermotors auf den $1/\sqrt{3}$ Teil herabgesetzt. Man wird die Umschaltung bei einer Drehzahl und damit Belastung des Vordermotors vornehmen, bei der nach der Umschaltung im Läuferkreis der Strom J_{max} bei höchster Drehzahl auftritt. Daraus ergibt sich die Beziehung

$$\frac{J_{max}}{J} = \frac{J_{max}}{J_{max} \cdot n_1^2} = \sqrt{3} \text{ oder}$$

$$(12) \qquad n_1 = \frac{1}{\sqrt[4]{3}} = 0.76,$$

d. h. die Sterndreieckumschaltung ist bei einer Drehzahl von 76% der Höchstdrehzahl vorzunehmen. Die Hintermaschine muß also eine Spannung entwickeln, die 24% der Stillstandspannung des Vordermotors beträgt. Es ist noch zu untersuchen, wie weit man den Regelbereich nach der Umschaltung beherrschen kann, ohne die zulässige Spannung der Hintermaschine zu überschreiten. Bedeutet n_1 die Drehzahl, bei der die Umschaltung vorgenommen wird, n_2 die tiefste erreichbare Drehzahl, so erhält man die Beziehung

$$E_{21} \cdot (1 - n_1) = E_{22}(1 - n_2) = \frac{E_{21}}{\sqrt{3}}(1 - n_2)$$

oder

$$(13) \quad (1 - n_1) \cdot \sqrt{3} = 0{,}24 \cdot \sqrt{3} = (1 - n_2) = 0{,}415.$$

$(1 - n_2)$ stellt den maximalen Schlupf dar, d. h. bei einer Drehzahl von 58,5% der synchronen Drehzahl des Vordermotors ist die Hintermaschine voll ausgenutzt. Die Leistungsverhältnisse und den Spannungsverlauf der Hintermaschine stellt Bild 8 dar. Durch die Sterndreieckumschaltung erreicht man auf einfachste Weise eine Herabsetzung der Hintermaschinengröße von 41,5 auf 24%, die Ersparnis ist also ganz erheblich, der Wirkungsgrad des Satzes wird erhöht. Der Regelbereich, der mit dieser Maßnahme erzielt wird, entspricht in der Mehrzahl der Fälle den an Ventilator- und Pumpenantriebe gestellten Regelbedingungen.

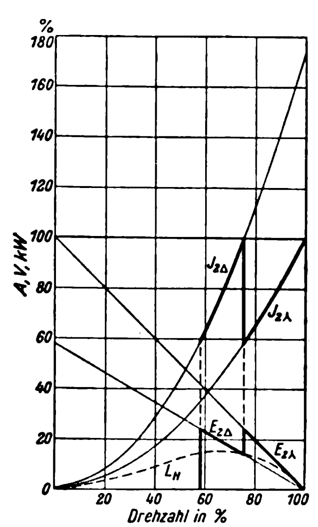


Bild 8. Erweiterung des Regelbereiches eines elektrisch gekuppelten Regelsatzes durch Sterndreieckumschaltung des Vordermotors.

$J_{2\Delta}$ = Läuferstrom des Vordermotors Δ-Schaltung
$J_{2\curlywedge}$ = Läuferstrom des Vordermotors ⅄-Schaltung
$E_{2\Delta}$ = Läuferspannung des Vordermotors Δ-Schaltung
$E_{2\curlywedge}$ = Läuferspannung des Vordermotors ⅄-Schaltung

Der Hauptvorteil der mechanisch unabhängigen Schaltung der Hintermaschine liegt bei langsam laufenden Antrieben in der Freiheit der Hintermaschinendrehzahl. Man kann schnell laufende Maschinen verwenden und bei den in Frage kommenden Stromstärken und Läuferspannungen leicht mit wenigen Maschinenmodellen die Regelung der verschiedenen in Frage kommenden Motortypen bewirken. Die doppelte Umformung der Schlupfleistung im Hintermaschinensatz setzt natürlich den Wirkungsgrad etwas herab. Immerhin tritt der elektrisch gekuppelte Drehstrom-Regelsatz in schärfsten Wettbewerb mit der Induktionskaskade. Er hat dieser gegenüber den Vorteil der feinstufigen Regelung und Leistungsfaktorverbesserung bei allen Belastungen auf praktisch $\cos \varphi = 1$. Bezüglich der Betriebssicherheit ist er der Induktionskaskade gleichwertig, denn selbst beim Versagen der Hintermaschine kann der Antrieb durch den Vordermotor aufrechterhalten werden. Man sieht deshalb bei Anlassern mit aufgelöstem Nullpunkt einen Kurzschließer vor. Die Bedienung ist äußerst einfach und beschränkt sich auf wenige Handgriffe beim Anlassen; die Drehzahl wird durch Verstellen des Stufenschalters am Erregertransformator geregelt.

An Stelle des elektrisch gekuppelten Regelsatzes kann man für untersynchrone Regelung auch eine mechanisch gekuppelte Hintermaschine verwenden. Die Schlupfleistung des Vordermotors wird dann entweder über einen Einankerumformer einem mit dem Vordermotor direkt oder mit Riemen gekuppelten Gleichstrommotor zugeführt

oder unmittelbar einer mechanisch gekuppelten Drehstrom-Kommutatormaschine. In beiden Fällen wird die gesamte vom Netz aufgenommene Leistung in mechanische Energie umgeformt und der angetriebenen Maschine zugeführt.

Die Leistungsaufnahme des Vordermotors ergibt sich im Gegensatz zur elektrisch gekuppelten Anordnung zu $L = Cn^3$. Die Leistung der Hintermaschine wird

$$(14) \qquad L_h = L\,(1 - n) = C\,(n^3 - n^4).$$

Der Vordermotor gibt mechanisch eine Leistung $L_{mech.v} = Ln = Cn^4$ an die Welle ab, der Rest wird der Antriebswelle von der Hintermaschine zugeführt. Die Leistungsflüsse in % der Leistung bei höchster Drehzahl sind ebenfalls in Bild 1 eingetragen. Aus dem Vergleich der Leistungslinien geht ohne weiteres hervor, daß sich die Leistungsflüsse des elektrisch gekuppelten Satzes vom mechanisch gekuppelten Satz um eine Potenz der Drehzahl unterscheiden. Der elektrisch gekuppelte Satz ist für Antriebe mit quadratisch ansteigendem Moment besser ausgenutzt. Er arbeitet bei voller Beanspruchung innerhalb des Regelbereiches auf konstantes Moment, der mechanisch gekuppelte Regelsatz auf konstante Leistung, d. h. auf ein mit sinkender Drehzahl hyperbolisch ansteigendes Moment. Im Gegensatz zur Gleichung 11, die für die Bemessung der Hintermaschine des elektrisch gekuppelten Satzes gilt, erhält man für die mechanisch gekuppelte Hintermaschine

$$(15) \qquad L_h = L_{max}\,\frac{1 - n}{n}.$$

Sie ist also elektrisch für die volle Schlupfleistung des Vordermotors bei ihrer kleinsten Betriebsdrehzahl zu bemessen und damit bei sonst gleichen Betriebsverhältnissen in ihrer Modellgröße reichlicher zu wählen als bei elektrischer Kupplung. Trotzdem ist der Wirkungsgrad des mechanisch gekuppelten Regelsatzes im allgemeinen um 1 bis 2 % höher, weil die doppelte Umformung der Schlupfleistung entfällt.

Man kann ebenso wie beim elektrisch gekuppelten Satz auch hier eine Verkleinerung des Modells der Hintermaschine durch Sterndreieckumschaltung erreichen. Ähnliche Überlegungen wie früher ergeben die Beziehung

$$(16) \qquad \frac{J_{max}}{J_{max} \cdot n_1{}^3} = \sqrt{3}, \qquad n_1 = \frac{1}{\sqrt[6]{3}} = 0{,}83,$$

für die niedrigste Betriebsdrehzahl erhält man

$$(17) \qquad 1 - n_2 = 0{,}17\,\sqrt{3} = 0{,}295$$

oder $n_2 = 70{,}5\%$. Man erreicht somit durch Sterndreieckumschaltung eine Verringerung der Abmessungen der Hintermaschine von 29,5 auf 17 % der synchronen Leistung des Vordermotors. Die Erweiterung des Regelbereiches ist geringer als bei der elektrisch gekuppelten Maschine.

Die Schaltung des mechanisch gekuppelten Regelsatzes mit Drehstrom-Hintermaschine entspricht der Schaltung nach Bild 8, nur entfällt der Asynchron-Generator. Im Gegensatz zu den später erwähnten fremderregten Hintermaschinen ist man bei Kommutator-Hintermaschinen, die vom Schlupfstromkreis des Vordermotors aus erregt werden, in der Wahl der Polzahl frei. Bei indirekt gekuppelten Maschinen kann man zwischen Vorder- und Hintermotor einen Riemenantrieb vorsehen, da die Hintermaschine nicht an einen synchronen Lauf mit dem Vordermotor gebunden ist.

Bezüglich der Betriebssicherheit und Bedienung gilt im wesentlichen das gleiche wie für den elektrisch gekuppelten Satz. Auch hier hat man bei Versagen des Hintermotors volle Reserve. Zum Antrieb rasch laufender Kompressoren und Pumpen, die im allgemeinen nur geringe Regelbereiche erfordern, eignet sich der mechanisch gekuppelte Regelsatz wegen seines hohen Wirkungsgrades ganz besonders.

Der zweite Weg zur Verringerung der Hintermaschinengröße führt zur unter- und übersynchronen Regelung. Diesen Weg haben zum ersten Male vor 14 Jahren die Siemens-Schuckertwerke mit den von ihnen durchgebildeten Frequenzwandler-Regelsätzen beschritten. Die Schwierigkeiten in der Kommutierung der Frequenzwandler, die im wesentlichen auf die Ausbildung höherer Harmonischer zurückgeführt werden können, ferner die hohen Stromstärken im Schleifringkreis, wurden durch Verwendung der läufererregten kompensierten Hintermaschine (LK-Maschine), die sowohl bei elektrisch gekuppelten als auch bei mechanisch gekuppelten Regelsätzen für über- und untersynchrone Regelung verwendet wird, gelöst. Die

im folgenden beschriebenen Anordnungen wurden von Herrn Obering. Kozisek angegeben.

In Bild 9 ist die Schaltung eines elektrisch gekuppelten LK-Regelsatzes gezeichnet, wie er zur Drehzahlregelung und Phasenverbesserung großer Langsamläufer verwendet wird. An die Schleifringe des Vordermotors ist die Kommutator-Hintermaschine ständerseitig angeschlossen. Die Ständerwicklung ist mit der Läuferwicklung über die Bürsten des Kommutators in Reihe geschaltet. Die Läuferwicklung ist als Gleichstrom-Trommelwicklung ausgeführt und an drei um 120° elektrisch versetzten Stellen mit Schleifringen verbunden, über die der Hintermaschine ein fremdes Feld aufgedrückt wird. Die Kommutator-Hintermaschine ist mit einer Synchronmaschine (Belastungsmaschine) gekuppelt, die entweder über einen Anlaßtransformator mit Stufenschalter oder bei Niederspannung über einen Stern-Dreieckschalter an das Netz gelegt wird. Auf der Welle des Hintermaschinensatzes ist meist noch eine kleine Gleichstrom-Erregermaschine angeordnet, die zur Erregung der synchronen Belastungsmaschine und einer mit dem Vordermotor gekuppelten Drehfeld-Erregermaschine dient.

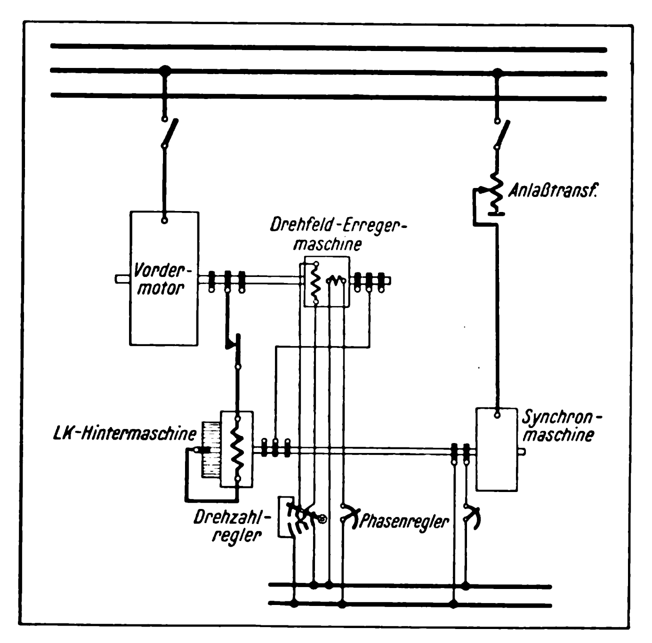


Bild 9. Schaltung des elektrisch gekuppelten LK-Regelsatzes für unter- und übersynchrone Regelung.

Die Kommutator-Hintermaschine hat im Ständer eine normale Drehstromwicklung, die der Läuferwicklung entgegengeschaltet ist. Die schlupffrequenten Läuferströme, die ihr vom Vordermotor zugeführt werden, erzeugen in ihr kein resultierendes Feld, da Ständer- und Läuferwicklung gleich große aber entgegengesetzt gerichtete Amperewindungen erzeugen; die Ständerwicklung dient also zur Kompensation des Schlupffeldes. Wird die Hintermaschine über die Ständerwicklung an ein spannungführendes Netz angeschlossen, so kann sie zunächst keine Gegenspannung und damit kein Drehmoment entwickeln, sie wird dagegen für die Aufnahme eines Fremdfeldes frei. Die Eigenschaften dieses Fremdfeldes und damit der in der Kommutatormaschine auftretenden Spannung, die sich im Läufer des Vordermotors auswirkt, bestimmen die Eigenschaften und damit die Charakteristik des Regelsatzes.

Die Erregerspannung dieser Hintermaschine, die ihr schleifringseitig aufgedrückt wird, muß eine bestimmte Frequenz haben, falls an der Ständerwicklung die jeweilige Schlupffrequenz des Vordermotors auftreten soll. Der Kommutator der Hintermaschine läuft mit einer der Netzfrequenz f entsprechenden Drehzahl um, da er mit der synchronen Belastungsmaschine gekuppelt ist. Das Erregerfeld wird also mit einer Periodenzahl im entgegengesetzten Sinne der Ankerdrehrichtung umlaufen müssen, die der mechanischen Umlauffrequenz des Vordermotors entspricht, oder

$$(18) \qquad f \cdot n = f - f\,(1 - n).$$

Die Hintermaschine erzeugt also bei allen Drehzahlen eine Spannung, deren Frequenz proportional der Relativgeschwindigkeit des aufgeprägten Drehfeldes gegenüber der Umlaufgeschwindigkeit des Kommutatorläufers ist. Deshalb ist die Drehfeld-Erregermaschine direkt mit dem Vordermotor bzw. bei verschiedenen Polzahlen über ein geeignetes Zahnradvorgelege gekuppelt. Das Zahnradvorgelege ist nur für die geringen Verluste der Erregermaschine und die Eisenverluste der Hintermaschine zu bemessen. Die Erregerspannung wird von der Drehfeld-Erregermaschine erzeugt. Sie trägt im Läufer eine normale Drehstromwicklung, die an Schleifringe angeschlossen ist, die mit der Kommutator-Hintermaschine elektrisch verbunden sind. In den Ständer sind zwei Gleichstromwicklungen eingelegt, deren magnetische Achsen aufein-



ander senkrecht stehen. Die eine Wicklung erzeugt eine Spannung, die in Phase zur Schlupfspannung des Vordermotors liegt, also drehzahlregelnd wirkt, die andere eine hierauf senkrechte Spannung, die zur Phasenkompensation dient. Hält man die drehzahlregelnde Spannung konstant, so weist der Regelsatz Nebenschlußcharakteristik auf. Durch verschieden starke Erregung der beiden Wicklungen kann man also die Spannung der Hintermaschine nach Größe und Richtung beherrschen; durch Trennung der beiden Erregerwicklungen sind Drehzahl- und Phasenregelung voneinander unabhängig. Die Regelung erfolgt in Stromkreisen geringer Stromstärke, d. h. mit kleinen Regelapparaten. Dies ist betriebstechnisch ein besonderer Vorteil dieser Schaltung, die Drehzahlregelung läßt sich dabei äußerst einfach selbsttätig gestalten, wie z. B. bei Turbokompressoren in Abhängigkeit vom Luftdruck.

Durch die fest eingestellten Bürsten an der Kommutator-Hintermaschine ist die Stromverteilung im Läufer festgelegt, es ist also nicht gleichgültig, welche Relativlage das Fremdfeld zur Ständerwicklung der Maschine einnimmt. Um eine bestimmte Feldverteilung, bei der volle Kompensation besteht, ein für allemal festzulegen, wird die Erregermaschine mit Hilfe einer einstellbaren Kupplung mit dem Vordermotor verbunden und die Relativlage der Läufer und der Hintermaschine auf die Kompensationsstellung gebracht. Die gleiche Wirkung kann man durch Verdrehen des Läufers der Kommutatormaschine gegenüber der synchronen Belastungsmaschine erzielen.

Die Leistungsverteilung innerhalb des Regelsatzes kann nun genau so bestimmt werden wie für den elektrisch gekuppelten für untersynchronen Betrieb. Es gelten auch hier die Beziehungen 4, 5 und 11, nur ist zu beachten, daß n größer als 1 werden kann. Im Untersynchronismus wirkt die Spannung der Kommutatormaschine der Läuferspannung des Vordermotors entgegen, die Schlupfleistung $C \cdot (n^2 - n^3)$ wird der Hintermaschine zugeführt. Das aufgedrückte Fremdfeld bildet zusammen mit dem Ankerstrombelag ein dieser Leistung entsprechendes Drehmoment und treibt die als Generator arbeitende Synchronmaschine an. Diese gibt die Schlupfleistung abzüglich der Verluste an das Netz zurück. Denkt man sich den Vordermotor mit natürlichem Schlupf arbeitend, so kann er nur zu einer Drehzahlerhöhung dadurch gezwungen werden, daß der Ohmsche und induktive Spannungsabfall im Läufer von einer äußeren Stromquelle mit jeweiliger Läuferfrequenz überwunden wird. Die in den Läuferkreis eingeführte Spannung wird also gegenüber der untersynchronen Regelung die entgegengesetzte Richtung haben müssen. Deshalb ist der Drehzahlregler der Drehfelderregermaschine als Umkehrregler ausgebildet, ihr Feld wird für den übersynchronen Betrieb des Vordermotors umgekehrt, die Kommutator-Hintermaschine arbeitet als Generator. Durch allmähliche Erhöhung der Erregerspannung wird der Vordermotor bis zur synchronen Drehzahl beschleunigt, die Hintermaschine erzeugt Gleichstrom. Dieser Betriebszustand unterscheidet sich aber von dem der Synchronmaschine dadurch, daß das Gleichfeld im Läufer des Vordermotors keine räumlich festgelegte Lage besitzt. Eine weitere geringe Erhöhung der Erregerspannung führt zum übersynchronen Lauf des Vordermotors, dessen Läufer — EMK gegenüber untersynchronem Betrieb sich umkehrt, wobei die der Abweichung von der synchronen Drehzahl entsprechende Leistung der Hintermaschine $C \cdot (n^2 - n^3)$ von der synchronen Belastungsmaschine dem Netz entnommen und über die generatorisch wirkende Kommutatormaschine dem Läufer zugeführt wird. Dieser Durchgang durch den Synchronismus geschieht bei Regelsätzen mit Fremderregung stetig. Störende Erscheinungen, wie Selbsterregung der Hintermaschine, können nicht auftreten, da ihr Eigenfeld durch die Kompensationswicklung aufgehoben wird.

Im Übersynchronismus arbeitet der Vordermotor doppelt gespeist. Er ist seiner Modellgröße nach für eine Leistung $M_{dsyn} \cdot n_o$ zu bemessen, wenn mit M_{dsyn} das Moment des Motors bei synchroner Drehzahl und mit n_o die oberste Drehzahl innerhalb des Regelbereiches bezeichnet wird. Die Differenz $C \cdot n^3 - M_{dsyn} \cdot n = C \cdot (n^3 - n^2)$ wird dem Motor im Übersynchronismus von der Hintermaschine generatorisch zugeführt. Ständer- und Läuferleistung des Vordermotors ergeben zusammen das an der Welle geforderte Antriebsmoment. Es ist zu beachten, daß bei übersynchronem Betrieb, insbesondere von Maschinen

mit quadratisch ansteigendem Moment, der Läufer des Vordermotors mechanisch stärker zu bemessen ist, denn schon bei einer übersynchronen Regelung um 10 % steigt die mechanische Beanspruchung der Welle auf 121 % der synchronen.

Der wesentliche Vorteil in der unter- und übersynchronen Regelung liegt darin, daß der relativ teuerste Teil des Maschinensatzes, die Kommutator-Hintermaschine, bei über- und untersynchroner Regelung kleiner bemessen werden kann. Dadurch werden nicht nur die Verluste herabgesetzt, sondern man ist auch in der Lage, größere Leistungen bzw. größere Regelbereiche zu beherrschen. Die Hintermaschine ist wieder für die dem größten Schlupf des Vordermotors entsprechende Läuferspannung nach Gleichung 11 zu bemessen. Der Höchststrom bleibt, gleiche Verhältnisse vorausgesetzt, unverändert, dagegen wird die maximal auftretende Schlupfspannung herabgesetzt. Legt man die synchrone Drehzahl in die Mitte des Regelbereiches, so wird die Hintermaschine annähernd halb so groß gegenüber nur untersynchronem Betrieb. Bisher wurde noch ein leistungführendes Glied, die synchrone Belastungsmaschine, außer Betracht gelassen. Wie aus Bild 1 ersichtlich ist, steigt die Schlupfleistung im übersynchronen Betrieb schnell an, während sie im Untersynchronismus bei 14,7 % der synchronen Leistung des Vordermotors ihren Höchstwert erreicht. Man wird daher für verschiedene Regelbereiche bestimmte Grenzdrehzahlen des Vordermotors erhalten, bei denen man eine günstigste Bemessung erreichen kann, eine Erscheinung, die ihre Abmessungen besonders bei Ventilatoren stark beeinflußt. Bezeichnet man mit n_u die unterste, mit n_o die oberste Drehzahl innerhalb des Regelbereiches, so wird die Belastungsmaschine dann am günstigsten ausgenutzt, wenn sie bei den Grenzdrehzahlen des Vordermotors gleiche Leistungen führt. Man erhält mit Gleichung 5, wenn man $C = 1$ setzt,

$$n_u^2 - n_u^3 = n_o^3 - n_o^2.$$

Führt man $n_o = R \cdot n_u$ ein, worin R den Regelbereich größer als 1 bedeutet, so ergibt sich

$$n_u = \frac{1 + R^2}{1 + R^3} \tag{19}$$

bzw. durch Substitution

$$n_o = \frac{R + R^3}{1 + R^3}. \tag{20}$$

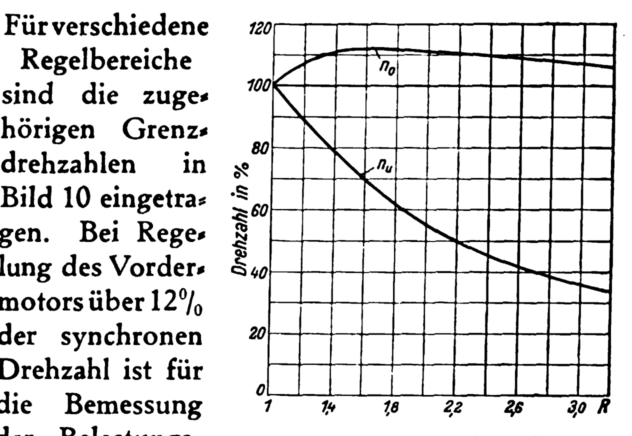


Bild. 10. Grenzdrehzahlen des Vordermotors für gleiche Ausnutzung der Belastungsmaschine eines elektrisch gekuppelten Regelsatzes.

Für verschiedene Regelbereiche sind die zugehörigen Grenzdrehzahlen in Bild 10 eingetragen. Bei Regelung des Vordermotors über 12 % der synchronen Drehzahl ist für die Bemessung der Belastungsmaschine seine übersynchrone Schlupfleistung maßgebend, welche dann die maximale Schlupfleistung im untersynchronen Betrieb übersteigt. Mit Rücksicht auf das kostspieligste Glied des Regelsatzes, die Kommutator-Hintermaschine, wird man den Regelbereich so legen, daß die Anschaffungskosten den geringsten Wert erreichen. Für die Wahl des Regelbereiches sind noch außer den Verhältnissen für die Bemessung der einzelnen Maschinen des Regelsatzes die besonderen örtlichen Betriebsverhältnisse maßgebend. Sind auf Gruben Reserveventilatoren vorhanden, so kann man beim elektrisch gekuppelten Regelsatz die Hintermaschine so bemessen, daß sie wahlweise auf den einen oder anderen Ventilatormotor geschaltet werden. Dies ist ein besonderer Vorteil der mechanisch unabhängigen Schaltung der Hintermaschine. Man erhält außerder feinstufigen Drehzahlregelung noch den Vorteil einer Leistungsfaktorverbesserung auf $\cos \varphi = 1$ bei Vollast, bei Teillast auf Voreilung, da die Hintermaschine sich wie eine fremderregte Drehstrom-Erregermaschine verhält. Den Hintermaschinensatz eines elektrisch gekuppelten LK-Regelsatzes zeigt Bild 11. Aus der Abbildung ist die läufererregte LK-Maschine, die synchrone Belastungsmaschine und die zu ihrer Erregung erforderliche Gleichstrommaschine zu erkennen, die auch die Magnetisierung der Drehfeld-Erregermaschine übernimmt.

Es sei noch erwähnt, daß man an Stelle der synchronen Belastungsmaschine eine Asynchronmaschine verwenden kann. Die Frequenzbedingung (Gleichung 18) ist dann allerdings nicht mehr erfüllt, da der Schlupf der Asynchron-

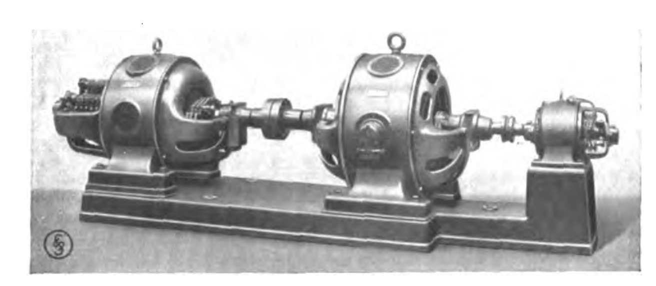


Bild 11. Hintermaschinen eines elektrisch gekuppelten LK-Regelsatzes.

Belastungsmaschine zu berücksichtigen ist. Man verwendet dann an Stelle der synchronen Drehfeld-Erregermaschine eine Asynchronmaschine, die schleifringseitig mit der Kommutator-Hintermaschine und ständerseitig mit einer auf der Welle des Hintermaschinensatzes angeordneten Kommutator-Erregermaschine verbunden ist. Diese wird ihrerseits vom Netz über Schleifringe erregt. Mit Hilfe dieser Anordnung ist es möglich, die Kommutator-Hintermaschine mit der jeweiligen Umlauffrequenz des Vordermotors zu erregen.

Für Hauptschachtventilatoren größter Leistung mit weitem Regelbereich kann man zur Regelung mit Vorteil zwei Kommutator-Hintermaschinen verwenden. Da mit der Abweichung von der synchronen Drehzahl die Läuferspannung des Vordermotors zunimmt, so werden die Hintermaschinen bei tiefen Drehzahlen hintereinander geschaltet, wobei die Summe der Hintermaschinenspannungen der Schlupfspannung des Vordermotors entgegenwirkt, bei höheren Drehzahlen wird man zur Parallelschaltung greifen und so die hohen Ströme bewältigen. Da beide Hintermaschinen bei Parallelschaltung den halben Läuferstrom des Vordermotors führen, die Hintermaschinen aber je für den halben Höchstwert des Läuferstromes bemessen sein müssen, so wird man als günstigste Drehzahl n_x für die Umschaltung diejenige erhalten, bei der der halbe Höchstwert des Läuferstromes auftritt, oder

$$C \cdot \frac{J_{max}}{2} = \frac{Cn_o^2}{2} = Cn_x^2,$$

oder

$$(21) \qquad n_x = \frac{Cn_o}{\sqrt{2}} = 0{,}707\ n_o.$$

Die Umschaltung ist also bei etwa 71% der Höchstdrehzahl des Vordermotors vorzunehmen, und beide sind für eine Schlupfspannung von $E_2\ (1 - n_x)$ zu bemessen. Ihre Modellgröße ermittelt sich dann nach der Beziehung

$$L_H = CE_2\ (1 - n_x) \cdot \frac{J_{max}}{2}.$$

Regelt man einen Grubenventilator durch einen Regelsatz mit umschaltbaren Hintermaschinen nur im untersynchronen Bereich, so wird man bei günstigster Ausnutzung die Leistung einer Hintermaschine zu $(1 - 0{,}71) \cdot 0{,}5 = 0{,}15\%$ erhalten. Nach der Umschaltung führt jede ihren maximalen Strom, ihre Spannungen addieren sich jedoch, d. h. sie können der doppelten Schlupfspannung des Vordermotors das Gleichgewicht halten. Man wird also einen Regelbereich von etwa 60% der Synchrondrehzahl des Vordermotors erzielen. Bei Verwendung nur einer Hintermaschine wäre diese nach Gleichung 11 für 60% der Vordermotorleistung zu bemessen. Die Ersparnis ist erheblich, die Verluste des Maschinensatzes werden herabgesetzt. Derart große Regelbereiche werden an Ventilatorantriebe von der Praxis nicht gestellt, da geringere Drehzahlgrenzen entsprechend der kubischen Änderung der Wettermenge mit der Drehzahl eine ausreichende Anpasssung an den allmählichen Ausbau der Gruben gewährleisten. Man kann diese Schaltung auch für über- und untersynchron laufende Regelsätze verwenden, und zwar mit Vorteil dann, wenn der Drehzahlbereich im Untersynchronismus größer gewählt wird.

Für schnell laufende Antriebe, wie Kompressoren und Pumpen, ergibt der LK-Regelsatz mit mechanisch gekuppelter Hintermaschine wegen des Fortfalls der doppelten Umformung der Schlupfleistung günstigere Ergebnisse. Die Schaltung des Regelsatzes zeigt Bild 12. Die Hintermaschine läuft mechanisch mit der Drehzahl des Vordermotors um, sie wird also im Gegensatz zur elektrisch gekuppelten Hintermaschine mit Netzfrequenz zu erregen sein nach der Beziehung

$$(22) \qquad f = f \cdot n + f\,(1 - n).$$

Die richtige Erregerfrequenz wird bei mechanisch gekuppeltem LK-Regelsatz dann erhalten, wenn man die Drehfeld-Erregermaschine mit einer der Netzfrequenz entsprechenden Drehzahl antreibt. Sie wird deshalb mit einem Synchronmotor gekuppelt, der über einen Anlaßtransformator oder

Sterndreieckumschalter an das Netz angeschlossen ist. Im Gegensatz zur elektrisch gekuppelten Hintermaschine erzeugt sie eine Spannung, deren Frequenz proportional der Relativgeschwindigkeit der Ankerleiter gegenüber dem aufgeprägten Drehfeld ist. Der Synchronmotor ist nur für die geringe Verlustleistung der Drehfeld-Erregermaschine zu bemessen, weil die Erregermaschine nur die zur Erregung der Kommutator-Hintermaschine erforderliche Blindleistung deckt. Die Erregermaschine trägt wieder eine Drehzahl- und Phasenwicklung. Der Regelsatz wird also auch bei Verwendung einer mechanisch gekuppelten Hintermaschine in Kreisen von geringer Stromstärke gesteuert.

Der mechanisch gekuppelte LK-Regelsatz stellt einen Antrieb insbesondere für Kompressoren dar, der regeltechnisch dem Dampfturbinenantrieb gleichwertig ist. Die bei Turbo-Kompressoren für Grubenbetriebe verlangten Regelbereiche betragen etwa $\pm 10\%$. Die Regelung geschieht dabei derart, daß mit Hilfe eines Druckluftreglers die Drehzahl der Turbine bei steigendem Enddruck fällt und umgekehrt. Beim LK-Regelsatz wird man den Druckregler am Kompressor unmittelbar zur Verstellung des Drehzahlreglers verwenden und erhält außer der selbsttätigen verlustlosen Regelung noch eine wirksame Verbesserung des Leistungsfaktors. Bei Leistungen bis zu 15000 m^3/h liegen die kritischen Drehzahlen der Kompressoren bei 6000 Umdr/min, man wird daher stets zwischen Regelsatz und Kompressor ein Getriebe vorsehen müssen. Bei Regelsätzen wird man über synchrone Drehzahlen von 1500 Umdr/min mit Rücksicht auf die erreichbaren Leistungen der Hintermaschine nicht hinausgehen können. Man hat es dann leicht in der Hand, das günstigste Übersetzungsverhältnis zwischen Vordermotor und Kompressor zu wählen. Für große Kompressoren liegen die Drehzahlen bei 3000 Umdr/min, man wird also auch hier zu einer Übersetzung mit Rücksicht auf den elektrischen Teil greifen müssen.

Der Vordermotor des mechanisch gekuppelten Regelsatzes ist elektrisch für die höchste Leistung bei der obersten Drehzahl zu bemessen, denn im übersynchronen Betriebszustand wird der Hintermaschine mechanisch vom Vordermotor die Schlupfleistung zugeführt, die sie in elektrische Energie umformt und dem Läufer des Vordermotors generatorisch zuführt. Die elektrische Ständer- und Läuferleistung des Vordermotors ergibt auch bei dieser Anordnung die verlangte Antriebsleistung an der Welle. Für die Bemessung der Hintermaschine gilt Gleichung 15, nur ist das Vorzeichen zu beachten, da sie als Generator arbeitet.

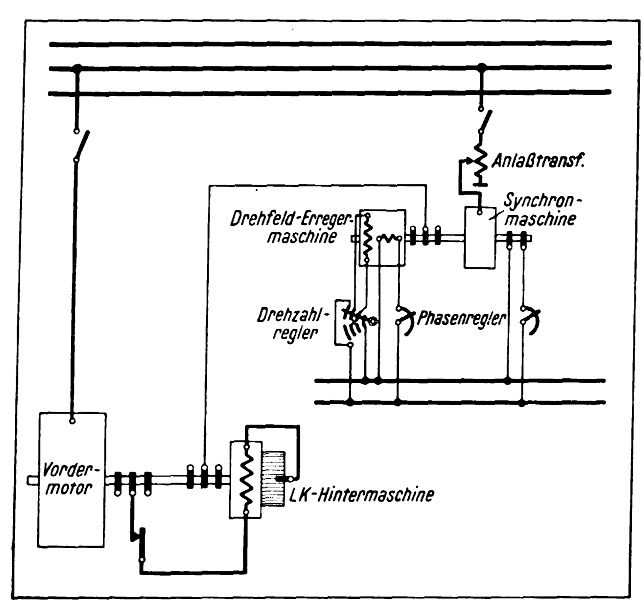


Bild 12. Schaltung des mechanisch gekuppelten LK-Regelsatzes für unter- und übersynchronen Betrieb.

Für Antriebe mittlerer Leistung, die keine selbsttätige feinstufige Regelung erfordern, kann man die Schaltung nach Bild 13 erheblich einfacher gestalten, indem man die Erregung über einen Stufentransformator unmittelbar dem Netz entnimmt. Durch Abgreifen einer passenden Erregerspannung am Transformator kann man stufenweise die Drehzahl verändern. Der Stufenschalter verlegt dabei nicht die Anschlüsse der Schleifringe an den Erregertransformator, sondern

Bild 13. Schaltung des mechanisch gekuppelten LK-Regelsatzes für Stufenregelung.

er verschiebt dessen Nullpunkt. Da die Erregerwicklung etwa in der Mitte der Sekundärwicklung des Transformators angeschlossen ist, so kann man die für den Durchgang durch den Synchronismus erforderlichen entgegengesetzten Spannungen abgreifen. Um eine gleichzeitige Phasenkompensation bei allen Belastungen zu erzielen, wird ähnlich wie in der Schaltung nach Bild 8 ein kleiner Erregertransformator in den Schleifringkreis der Hintermaschine gelegt, der im wesentlichen nur eine kompensierende Spannung hervorruft. Man erreicht dies durch zyklische Vertauschung seiner Phasen gegenüber denjenigen des Transformators, der zur Drehzahlregelung dient. Auch diese Anordnung hat Nebenschlußcharakteristik und stellt wohl den einfachsten und billigsten Regelsatz für unter- und übersynchronen Betrieb dar.

Maßgebend für die Anwendung der Regelsätze sind deren Wirtschaftlichkeit bzw. die erreichten betriebstechnischen Vorteile. Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit kann man nur die Beziehung 8 benutzen, die eine gleichmäßige Benutzungsdauer des Regelbereiches voraussetzt. Während die Wirtschaftlichkeit bei Kommutatormotoren für Antriebe mit quadratisch ansteigendem Moment nicht immer gewährleistet ist, wird die Grenzbedingung bei Regelsätzen in der Mehrzahl der auftretenden Fälle sehr rasch erfüllt, denn ihr Wirkungsgrad liegt wesentlich höher als bei Kommutatormotoren. So erklärt sich auch die verhältnismäßig häufige Anwendung der untersynchronen Regelung für Ventilatorantriebe. Diesen gegenüber wird der Wirkungsgrad für Regelsätze mit Doppelregelbereich etwas erhöht und erreicht je nach den besonderen Betriebsverhältnissen bei Vollast Werte bis zu 94 %.

Die Anschaffungskosten sind von der gewählten Schaltung, d. h. von den Betriebsbedingungen und von dem verlangten Regelbereich abhängig, und geringer als die von Kommutatormotoren. Die Betriebssicherheit derartiger Sätze entspricht, wie zahlreiche Anlagen bewiesen haben, den schwersten Antriebsverhältnissen. Obwohl der Antrieb von Arbeitsmaschinen mit quadratisch ansteigendem Moment keine günstigen Voraussetzungen für die wirtschaftliche Anwendung verlustlos regelbarer Antriebe bietet, ist wegen der hohen Wirkungsgrade derartiger Regelsätze trotzdem in vielen Fällen eine schnelle Amortisation der Mehrkosten gegenüber Verlustregelung mit Asynchronmotoren gewährleistet.

Zeitlichtsignal-Anlagen

Von Oberingenieur I. Wiligut, Feuermelder- und Uhrenabteilung der Siemens & Halske A.-G.

In der Schiffahrt sind das Chronometer und der Sextant neben dem Kompaß die wichtigsten Hilfsmittel bei der Navigation; mit ihnen kann man auf einfache Weise den augenblicklichen Standort des Schiffes bestimmen. Der Führer oder Steuermann muß sich auf offener See auf die Angabe des Schiffsortes verlassen können und wird bestrebt sein, ihn so gut wie möglich zu ermitteln. Hierzu gehört neben guter Wartung der Apparate auch eine genaue Kontrolle des Chronometers. Läuft ein Schiff einen Hafen an, so wird das Überprüfen dieser Hilfsmittel mit die Hauptsorge sein. Es geschieht mit Hilfe der Zeitballeinrichtungen, wie sie in Deutschland ziemlich verbreitet sind. In jeder großen Hafenstadt befindet sich an weithin sichtbarer Stelle ein Mast, der einen Hohlkörper von etwa 1 bis 2 m Durchmesser trägt. Das Niederfallen dieses Balles um 12 Uhr mittags gibt die genaue Zeit an.

Die Uhrenabteilung der S. & H. A.-G. hat für den Hafen Oslo eine Zeitlichtsignal-Anlage ausgeführt, die es ermöglicht, täglich mehrmals, auch bei unsichtigem Wetter und vor allem auch nachts, deutlich sichtbare Zeitzeichen zu geben. Die Anlage (Bild 1) ist in der erhöht liegenden Seemannsschule in der Nähe der Stadt untergebracht. In einem für diesen Zweck bestimmten Zimmer wurde eine Hauptuhr aufgestellt, die durch eingebaute Signaleinrichtungen sechsmal innerhalb 24 Stunden eine Glühlampe von etwa 4000 Kerzen Lichtstärke ein- und ausschaltet. Die Lampe (Bild 2) ist an einem Mast in 4 m Höhe in einem Laternenhäuschen auf dem Dache der Seemannsschule angebracht. Eine Prismenanordnung drängt den Lichtstrom in einen Kreis-

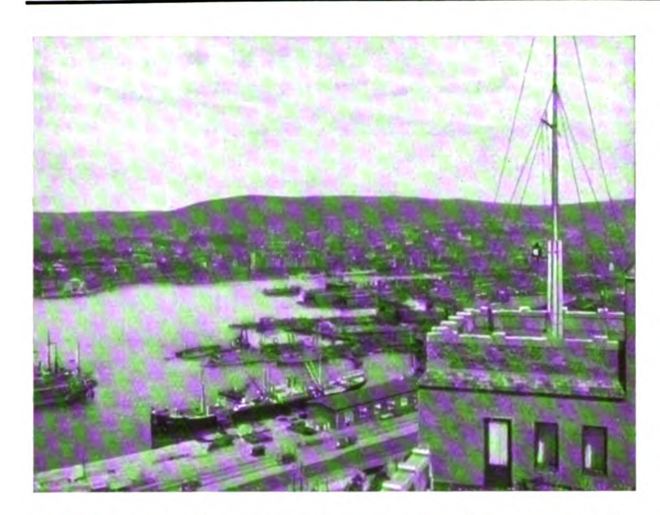


Bild 1. Zeitlichtsignal-Anlage auf der Seemannsschule in Oslo.

ausschnitt von 270° zusammen. Dadurch ist erreicht, daß vom Hafen und auch von der Stadt aus die Zeitzeichen sehr gut zu beobachten sind. Der restliche Kreisausschnitt in Richtung Ekebergaasen ist dunkel. Der Lichtstrahl ist so hell, daß er selbst bei klarem Sonnenschein sichtbar ist. Die Zeitlichtsignale werden um 4 Uhr morgens, 8 Uhr vormittags, 12 Uhr mittags, 4 Uhr nachmittags, 8 Uhr abends und 12 Uhr nachts gegeben. Fünf Minuten vor diesen Zeiten wird die Lampe eingeschaltet; dadurch werden selbst die in weiter Entfernung liegenden Schiffe aufmerksam gemacht. Der Augenblick des Verlöschens gibt die Zeit auf die Sekunde genau an.

Die Wirkungsweise dieser einfachen Einrichtung (Bild 3) ist folgende:

Eine Präzisionsuhr erhält einen genau eingestellten Sekundenkontakt, der sowohl die Einschaltung als auch die Ausschaltung der Signallampe L bewirkt. Er gibt jede Minute bei der 60. Sekunde Kontakt; dieser ist aber nur wirksam, wenn der Vorbereitungskontakt K an der Signalscheibe geschlossen ist. Kontakt K wird geschlossen, wenn ein Signalstift in der 24-Stunden-Signalscheibe den Hebel h freigibt. Dies geschieht jedesmal fünf Minuten vor den genannten Zeiten. Der Kontakt ist durch eine Differentialschraube so einstellbar, daß er immer einige Sekunden vorher geschlossen wird, ehe der Sekundenzeiger die 60. Sekunde zeigt, und sich erst einige Sekunden nachher wieder öffnet.

Wenn beispielsweise fünf Minuten vor 12 Uhr die Lampe L eingeschaltet werden soll, so wird K einige Sekunden vorher geschlossen und bereitet die Wirkung des Sekundenkontaktes S vor. Wird S bei der 60. Sekunde geschlossen, so wird ein Stromkreis für ein Relais R_1 mit ganz geringem Stromverbrauch eingeschaltet. Der Stromlauf ist folgender:

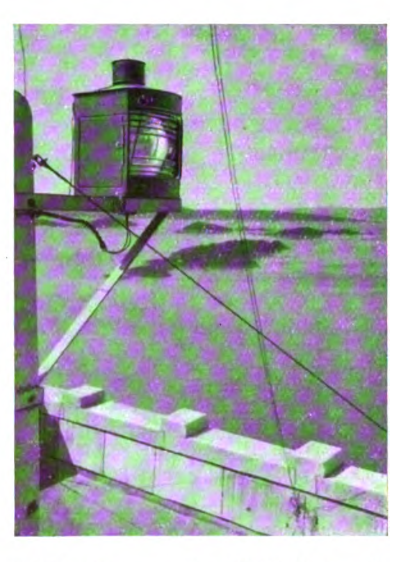


Bild 2. Laterne einer Zeitlichtsignal-Anlage.

Pluspol, über S und K nach Kontakt 1 an Vielfachrelais V über Relais R_1 zum Minuspol zurück. Das Relais zieht an und wird im angezogenen Zustand über seinem Kontakt 1 gehalten. Hierbei wird, nachdem der Kontakt 1 geschlossen ist, durch Kontakt 2, der sich erst kurz nach Kontakt 1 schließt, der Magnet des Vielfachrelais V eingeschaltet. Das Vielfachrelais schaltet durch Kontakt 3 das Zwischenrelais Z und dieses das sogenannte Schützrelais für die Signallampe ein. Weiter bereitet Kontakt 2 an V die Einschaltung des Dosenrelais R_2 vor, das später zur Ausschaltung des Lampenstromes dient.

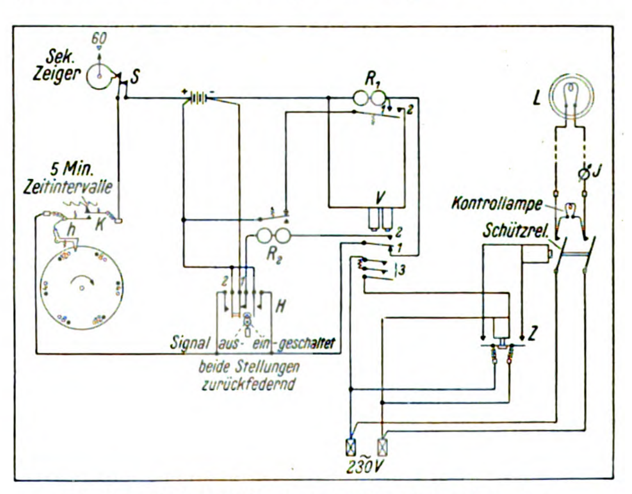


Bild 3. Schaltbild einer Zeitlichtsignal-Anlage.

Relais R_1 und V bleiben fünf Minuten lang angezogen, bis genau um 12 Uhr die Abschaltung in folgender Weise erfolgt: Einige Sekunden vor

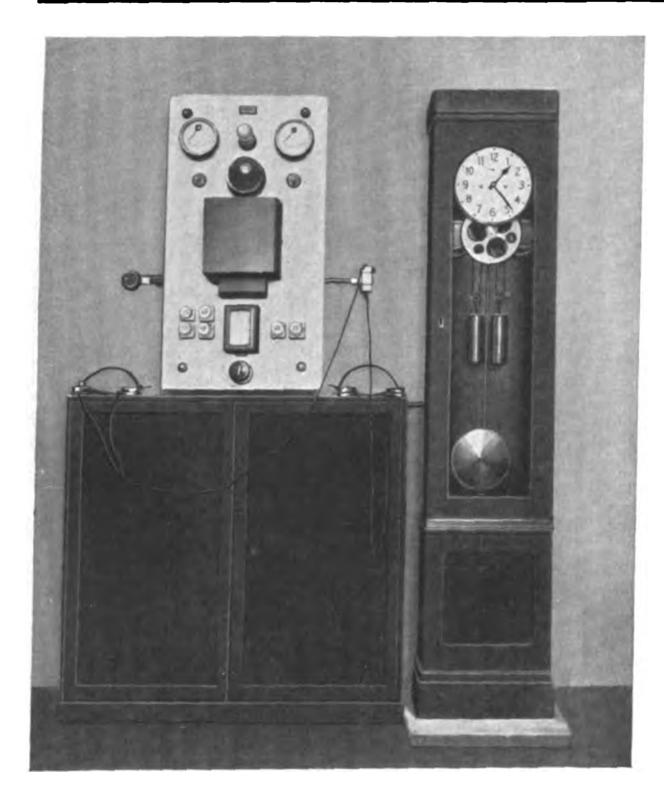


Bild 4. Zentrale der Zeitlichtsignal-Anlage im Hafen Oslo.

12 Uhr wird Kontakt K (an der Signalscheibe) geschlossen, wobei noch keine elektrische Wirkung eintritt, da der Sekundenkontakt S noch offen ist. Genau in der 60. Sekunde schließt S den Stromkreis für Relais R_2, wobei der Stromverlauf folgender ist:

Pluspol, Kontakt S und K, über Kontakt 2 an Vielfachrelais V nach dem Relais R_2, über Kontakt 1 an Handsignalschalter H zum Minuspol zurück. Der Kontakt an Relais R_2 wird dabei geöffnet, und Relais R_1 und V werden stromlos; die Lampe verlischt. Nach vier Stunden beginnt das Spiel von neuem. Die „Trägheit" des Schützrelais wird bei der Einstellung des Sekundenkontaktes berücksichtigt.

Bild 5. Werk der Betriebs-Hauptuhr in der Anlage für den Hafen Riga.

Um zu beliebigen Zeiten Lichtsignale abgeben zu können, ist ein Handschalter H vorgesehen, der die Signallampe in der einen Stellung einschaltet und in der anderen ausschaltet. Die Lampe leuchtet immer so lange, bis sie entweder selbsttätig durch Sekundenkontakt oder durch Handschalter abgeschaltet wird. Der Handschalter ist mit dem Relais auf einer Schalttafel (Bild 4) untergebracht. Ein in die Lampenleitung geschaltetes Instrument J dient zur einfachen Kontrolle, ob der Lampenstrom fließt. Die parallel geschaltete Kontrollampe zeigt an, ob das Schützrelais richtig arbeitet.

Die Zwischenschaltung des Relais Z ist erforderlich, da die Schwachstromrelais nicht mit der hohen Spannung und Stromstärke belastet werden dürfen.

Der richtige Gang der Hauptuhr wird täglich durch drahtlos empfangene Zeitsignale kontrolliert.

Eine weitere Zeitlichtsignal-Anlage wurde für den Hafen Riga geliefert und in der Seemannsschule untergebracht. Diese Anlage unterscheidet sich von der beschriebenen im wesentlichen dadurch, daß die Zeitlichtsignale stündlich gegeben werden und daß die Betriebshauptuhr von der Sternwarte aus synchronisiert wird. Das Werk der Betriebshauptuhr ist in Bild 5 dargestellt. Die Synchronisierungsströme werden durch ein besonderes Instrument in der Seemannsschule kontrolliert. Eine zweite gleichartige Hauptuhr dient

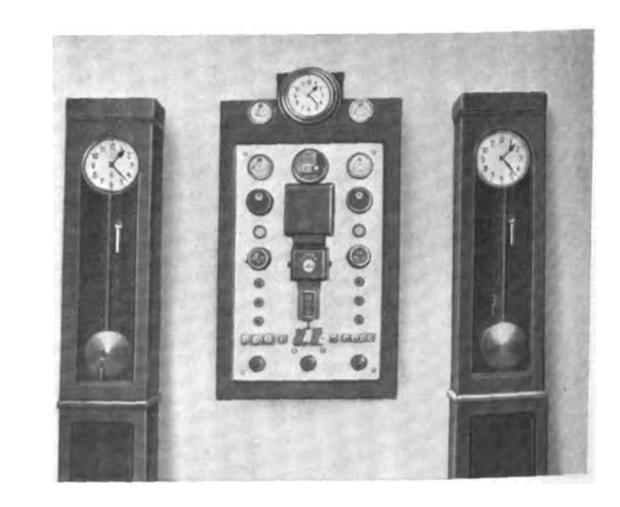


Bild 6. Uhrenzentrale in der Seemannsschule in Riga.

zur Reserve; sie wird, unter gleichzeitiger optischer und akustischer Anzeige, selbsttätig eingeschaltet, falls eine Störung in der Betriebshauptuhr ein-

tritt. Mit dieser Zeitlichtsignal-Einrichtung steht gleichzeitig eine elektrische Uhrenanlage, nach den besten technischen Erfahrungen aufgebaut, in Verbindung, und die Apparate für beide Anlagen sind auf einer gemeinsamen Schalttafel untergebracht. Die Zentraleinrichtung zeigt Bild 6. Für das Zeitlichtsignal sind zwölf 1000 Watt-Lampen an einem Schornstein, der neben der Seemannsschule steht, angebracht. Der Schornstein trägt in etwa 35 m Höhe einen Wasserbehälter, über dem eine Galerie rings um den Schornstein führt. An dieser sind, im Kreis angeordnet, die Lampen befestigt (Bild 7). An diesigen Tagen ist das Zeitlichtsignal selbst in Bolderaa in einer Entfernung von etwa 13 km zu erkennen. Bei Sonnenschein ist es natürlich weniger sichtbar, jedoch im Rigaer Hafen deutlich wahrnehmbar. Die Anlagen für beide Häfen sind seit Monaten in Betrieb und haben sich gut bewährt.

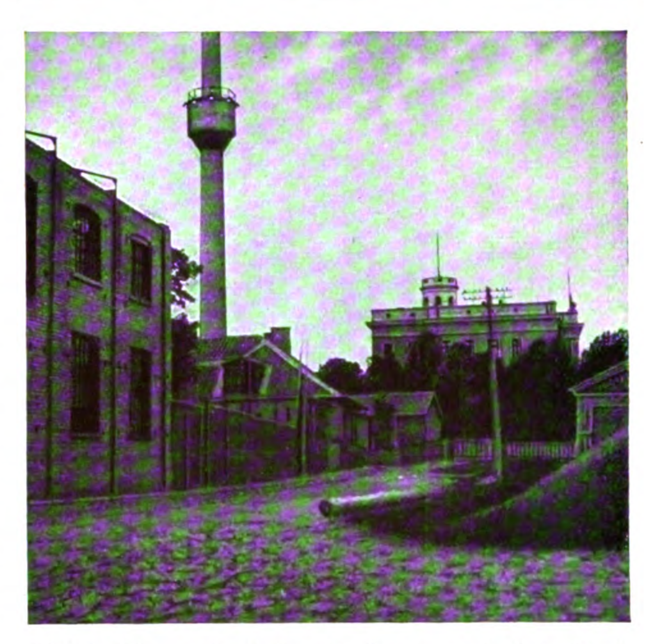


Bild 7. Schornstein (neben der Seemannsschule in Riga) mit Galerie, an der die Signallampen angebracht sind.

Das Kraftwerk der „Kraftwerk Unterweser A.-G." bei Farge

Von Dipl.-Ing. F. Ohlmüller

Schon vor dem Kriege hatte die „Siemens" Elektrische Betriebe A.-G. den Bau eines neuen Kraftwerkes bei Bremen in Aussicht genommen. Der Krieg veranlaßte zunächst eine Zurückstellung dieser Pläne, obwohl im Jahre 1915 schon ein passendes Grundstück bei Farge an der Weser erworben worden war. Erst im Jahre 1922 wurde der Bau begonnen und nach einem durch die Ruhrbesetzung und die wirtschaftlichen Verhältnisse erzwungenen Stillstand im Jahre 1924 in dem für den ersten Ausbau vorgesehenen Umfange fertiggestellt und dem Betriebe übergeben. Das ganze Kraftwerk wurde unter Berücksichtigung der Vorschläge und Angaben des Herrn Direktor Nielsen der „Siemens" Elektrische Betriebe A.-G. durch die Siemens-Schuckertwerke als Generalunternehmer ausgeführt. Es ist für einen endgültigen Ausbau von etwa 125000 kVA entworfen worden. Seine Lage bei Farge ist für die Kohlenzufuhr besonders günstig, weil hier die Kohle sowohl mit Hochseeschiffen auf der Weser, als auch mittels

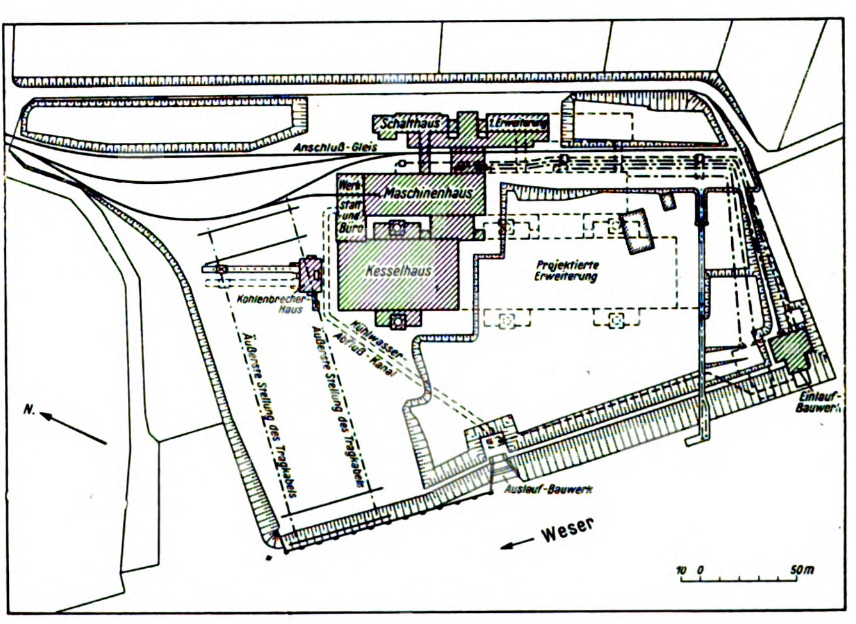


Bild 1. Lageplan.

einer Normalspurbahn, deren Linie nahe am Kraftwerk vorbeiführt, herangeschafft werden kann. Die Kühlwasserbeschaffung für die Kon-

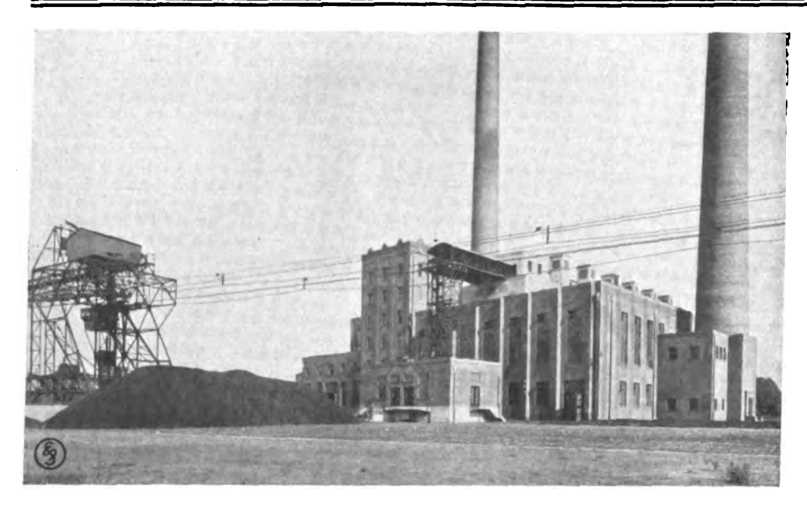


Bild 2. Ansicht von der Landseite.

Das Kesselhaus liegt an der Wasserseite, das Maschinenhaus parallel dazu an der Landseite. Hierfür war die Richtung der abführenden Freileitungen und die Lage des Anschlußgleises maßgebend. In üblicher Weise konnte so ein Normalspurgleis bis in das Maschinenhaus unter eine Montageöffnung im Maschinenflur geführt und ein Zweiggleis zwischen das Maschinenhaus und das vorgelagerte Schalthaus an die Transformatorenkammern herangelegt werden. Flußaufwärts liegt das Einlaufbauwerk für das Kühlwasser der Kondensatoren, an der anderen flußabwärts gelegenen Seite der Kühlwasserausfluß und der Kohlenlagerplatz. Dieser erstreckt sich von dem Bollwerk an der Weser über die ganze Tiefe der Baustelle bis an das Anschlußgleis der Bahn.

densatoren ist selbst für ein größeres Kraftwerk an der Weser ausreichend. Wie der Lageplan (Bild 1) erkennen läßt, ist das Werk so nahe, wie es die Verhältnisse der Baustelle gestatteten, an die Weser herangesetzt worden. Der Bauplatz ist an der Weser längs der Schmalseite des Kohlenlagerplatzes mit einem Kai zum Anlegen größerer Schiffe versehen.

Ebenso wie das Kraftwerk ist der Kohlenplatz so hoch gelegt, daß auch eine Springflut ihn noch nicht überflutet. Nur ein Katastrophenhochwasser, wie solches im Jahre 1855 auftrat, würde eine Überflutung des Grundstückes zur Folge haben, doch sind solche Hochwasser jetzt nach Vertiefung und Regulierung des Weserstromes nicht mehr zu erwarten. Überdies sind die Gebäude auch dann gegen das Eindringen von Wasser durch schottenartige Ausbildung der Türen geschützt.

Der erste Ausbau des Kraftwerkes ist für eine Leistung von 16000 kVA vorgesehen, der volle Ausbau soll Maschinen für 125000 kVA erhalten. Bild 2 zeigt die Ansicht des fertiggestellten ersten Ausbaues von der Landseite gesehen. In Bild 3 ist die Ansicht des Kraftwerkes nach endgültigem Ausbau von der Wasserseite dargestellt.

Die Gebäude sind der Bauweise der dortigen Gegend angepaßt, sie wurden in weißgefugtem Ziegelrohbau ausgeführt. Die schlichte mit keinem überflüssigen Zierat versehene Architektur läßt das Industriewerk erkennen, das in seiner geschlossenen, wuchtigen Massenwirkung weithin an der Weser wie ein Wahrzeichen deutscher Arbeitskraft wirkt.

Die Fundamente der Gebäude mußten durch eine linsenförmig verlaufende Tonschicht bis auf den gewachsenen Boden herabgeführt werden. Diese Gründungsarbeiten wurden von der Siemens-Bauunion nach dem in Amerika häufig angewandten Gußbetonverfahren mittels Gießturm ausgeführt. Bild 4 zeigt diese Arbeiten in einer Zeit kurz nach Beginn des Baues. Die Tonschicht ist bereits durch Bagger und Feldbahnen entfernt, die ersten Fundamente sind eingeschalt, und der Gußbeton wird nunmehr durch Rinnen

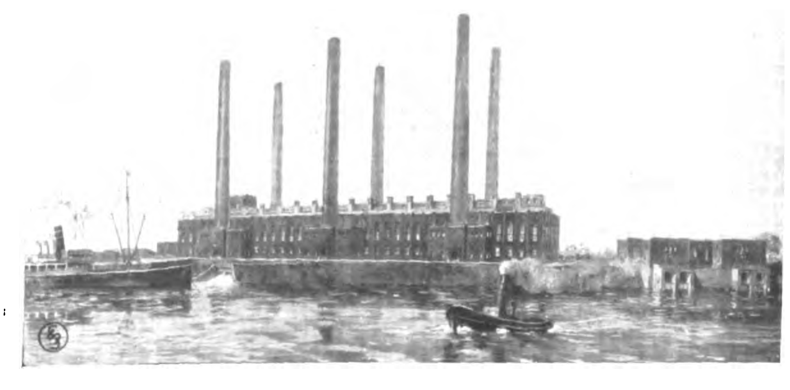


Bild 3. Das Kraftwerk von der Weser aus gesehen nach vollem Ausbau.

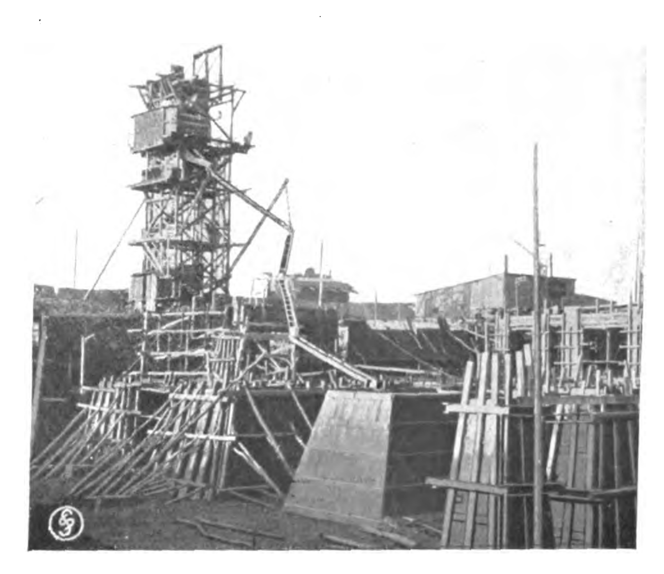
in die zu gießenden Fundamente geleitet. Die Gußrinnen sind weitauslegend an einem etwa 35 m hohen Gießturm schwenkbar befestigt und werden von der Spitze des Gießturmes aus beschickt. Neben dem Gießturm steht das Pumpenhaus für die umfangreiche Grundwasserabsenkungsanlage.

Das Maschinenhaus und das Kesselhaus zeigt Bild 5 im Grundriß und Bild 6 im Querschnitt. Nach vollem Ausbau wird das Maschinenhaus eine Länge von 132 m bei einer Breite von 21 m und einer mittleren Höhe von 23 m erhalten. Das Kesselhaus ist voll ausgebaut 174 m lang und 37 m breit mit einer mittleren Höhe von 21 m. Die sich aus diesen Zahlen ergebenden spezifischen Flächen und Raumzahlen sind folgende:

	Bebaute Fläche	Umbauter Raum	m^2 inst. kW	m^3 inst. kW
Maschinenhaus	2772 m^2	63756 m^3	0,0277 m^2	0,637 m^3
Kesselhaus	6438 m^2	135198 m^3	0,0638 m^2	1,352 m^3

Diese Zahlen zeigen, daß der bei älteren Werken oft gemachte Fehler — einer zu knappen Bemessung der Breiten und Höhen der Gebäude — bei dieser Bauausführung vermieden worden ist.

Das Kesselhaus ist für 12 Kessel ausreichend ausgebaut, jedoch für den ersten Ausbau vorläufig nur mit 8 Teilkammerkesseln von 550 m^2 Heizfläche von Babcock ausgerüstet. Der Kesseldruck beträgt 18,5 at, die Überhitzung 375°. Sämtliche Kessel haben Einzel-Ekonomiser von 374 m^2 Heizfläche. Zur Verfeuerung der Steinkohle dienen Wanderroste von 21,4 m^2 Rostfläche der Firma Babcock. Die Kessel sind in zwei gegenüberliegenden Reihen aufgestellt. An den Außenseiten schließen die Schornsteine mit je zwei Fuchskanälen an, in der Mitte zwischen den Kesseln liegt, wie üblich, der Kohlenhochbunker mit einem Fassungsvermögen für 90 Stunden bei voller Belastung. Die Bekohlung der Kohlenbunker erfolgt von einem vor der Schmalseite des Kesselhauses liegenden Turm für zwei Becherketten, welche die Kohlen auf Bunkerhöhe heben und längs über den Bunkern verteilen. Die Kohlen werden den Becherketten durch zwei unter Flur des Kohlenlagerplatzes liegende Plattenbänder zugeführt, die ihrerseits durch Schütttrichter von der Kabelkrananlage mit Greifern beschickt werden. Vorläufig ist für den ersten Ausbau nur eine der beiden Förderanlagen erstellt. Die Leistung der Kohlenförderanlage beträgt 60 t/h.


Bild 4. Gießturm zum Gießen der Betonfundamente.

Eine in ihrer Größe beachtenswerte Anlage ist die von der Allgemeinen Transportanlagen-Gesellschaft ausgeführte Kabelkrananlage (Bild 7), die sowohl zur Beschickung der Plattenbänder, als auch zur Bekohlung des Lagerplatzes dient. Über die ganze Länge des Kohlenlagerplatzes spannen sich mit einer Spannweite von 170 m 2 parallel zueinander verlegte Kabelbahnen. Die eine dient der Schiffs-, die andere der Waggonentladung. Die Schiffsentladung geschieht mit einem Greifer von 3,5 m^3 Inhalt und leistet vom Schiff bis Mitte Lagerplatz 50 t und von Mitte Lagerplatz nach dem Plattenband etwa 80 bis 90 t in der Stunde. Die Kabelbahn für die Waggonentladung trägt einen Greifer von 1,75 m^3 Inhalt und leistet vom Waggon bis Plattenband etwa 30 t, von Mitte Kohlenplatz zum Plattenband etwa 40 bis 45 t/h. Die Hub- und Fahrgeschwindigkeiten sind bei beiden Bahnen gleich und betragen 65 m/min für das Heben und 200 m/min für das Katzfahren. Die beiden Stützgestelle, welche die Kabel tragen, sind über die Breite des Lagerplatzes, etwa 40 m, verfahrbar. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt etwa 6 m/min. Die Fahrkatzen fahren über Ausleger an den beiden Stützgestellen. Der wasserseitige Ausleger von 15 m Ausladung ist hochklappbar, der landseitige Ausleger hat eine Ausladung von 12 m. Die Bewegungen werden von den Führerständen aus gesteuert, die in den Stützgerüsten unter-

1. Ausbau
Spätere Erweiterung
Schalthaus
Schalthaus
Schalt-Bühne
0 5 10 15 20 25m
Maschinenhaus
Pumpenhaus
Pumpenhaus
Kesselhaus über Heizerstanddecke
Kesselhaus unter Heizerstanddecke
1. Ausbau
Spätere Erweiterung

Bild 5. **Grundriß des Kraftwerkes.**

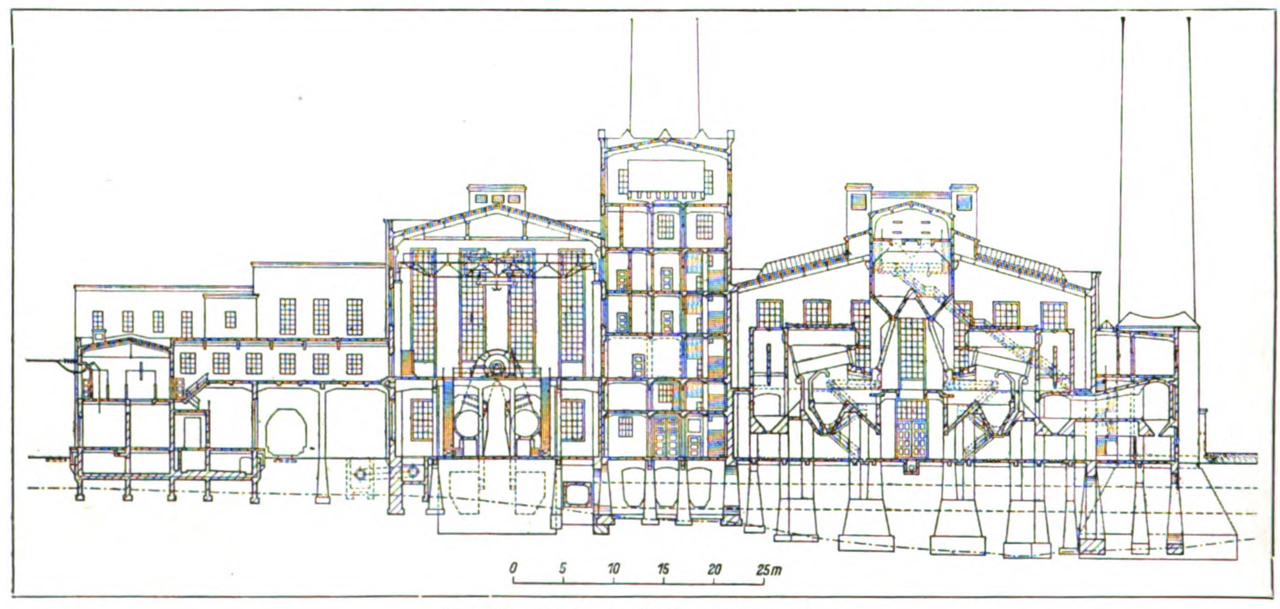


Bild 6. **Querschnitt des Kraftwerkes.**

gebracht sind. Die Steuerung ist nach dem pneumatisch-mechanischen System ausgebaut worden und wirkt daher ganz gleichmäßig. Für den vollen Ausbau des Werkes ist die spätere Aufstellung eines zweiten Kabelkranes, mit ähnlichen Abmessungen wie der vorhandene, geplant.

Sehr einfach gestaltet sich die Frage der Aschenbeseitigung. Da die Kellersohle des Kesselhauses auf gleicher Höhe wie das Terrain liegt, so kann die Asche aus den Kesseln unmittelbar in Kippwagen abgezogen und diese können auf horizontalen Gleisen mittels einer Benzollokomotive aus dem Gebäude herausgefahren werden. Die Schlacken dienen vorläufig zur Aufhöhung der noch tiefliegenden Teile des Kraftwerksgeländes.

Das parallel zum Kesselhaus liegende Maschinenhaus ist bisher für 2 Turbosätze von je 16 000 kVA ausgebaut, zur Aufstellung gelangte vorläufig jedoch nur einer der Turbosätze. Der volle Ausbau soll, wie Bild 5 zeigt, drei weitere Maschinen von je 25 000 kVA erhalten. Die Abmessungen des Maschinenhauses sind dabei so reichlich gehalten, daß man auch dann nicht durch Platzmangel behindert sein wird, wenn etwa später eine andere Besetzung des Maschinenhauses mit größeren Maschinen beabsichtigt werden sollte.

An der Kopfseite des Maschinenhauses befindet sich eine reichlich bemessene Montageöffnung, unter die ein Normalspurgeleis führt. Das ganze Maschinenhaus wird durch einen Kran von 60 t Tragfähigkeit bestrichen (Bild 6). Die Turbine Bauart Zoelly mit 3000 Umdr/min wurde von der M. A. N. geliefert, der Generator von den Siemens-Schuckertwerken. Der Eintrittsdruck der Turbine beträgt 16 at bei 350° Überhitzung. Die Doppelkondensatoren erzeugen ein Vakuum von 98 % bei 10—15° Kühlwassertemperatur. Zur Reinigung erhielten die Kondensatoren Hülßmeyer-Spülung.

Das Kühlwasser für die Kondensatoren wird an der Weser durch ein Entnahmebauwerk, in dem sich die Kühlwasserpumpen befinden, entnommen und durch einzelne Rohrleitungen den Kondensatoren zugedrückt. Bild 8 zeigt den Grundriß und Schnitt des Einlaufbauwerkes in der bisher ausgeführten Größe. Durch Vergleichrechnungen war festgestellt worden, daß ein gemauerter Zulaufkanal bis in das Maschinenhaus und die Aufstellung der Pumpen dort teuerer und weniger wirtschaftlich gewesen wäre, namentlich weil schon für den ersten Ausbau der Kanal für die vollausgebaute Anlage anzufertigen gewesen wäre. Unter dem Einfluß von Ebbe und Flut schwankt bei Farge der Wasserstand der Weser im Mittel um etwa 2,75 m,

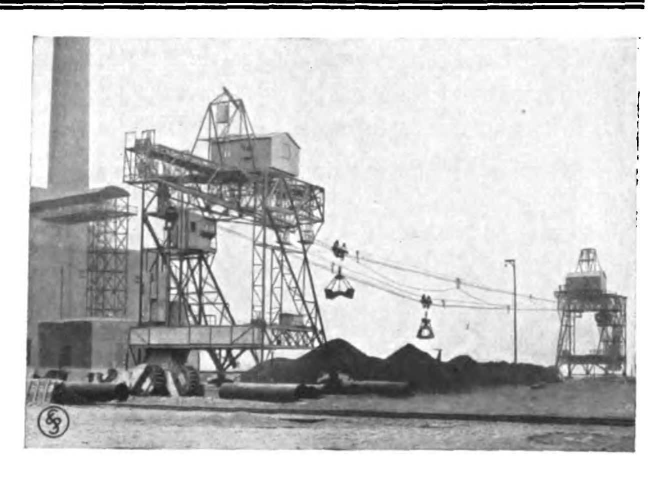


Bild 7. Kabelkrananlage.

es sind aber auch bei Springfluten wesentlich höhere Unterschiede vorgekommen. Die Pumpen sind im Einlaufbauwerk so aufgestellt, daß sich bei tiefstem Wasserstand eine geometrische Saughöhe von 3,5 m ergibt. Jeder 16 000 kVA-Satz erhielt eine durch einen Hochspannungsmotor angetriebene Pumpe von 4550 m³ stündlicher Förderleistung und eine Druckrohrleitung von 900 mm l. W., während für die 25 000 kVA-Turbinen je zwei solcher Pumpen von genau der gleichen Leistung mit einer gemeinsamen Druckrohrleitung von 1200 mm l. W. vorgesehen sind. Es werden hierdurch für den endgültigen Ausbau insgesamt 8 Zubringerpumpen notwendig. Vor den Saugschächten der Pumpen sind insgesamt 4 Siebbandrechen der Firma Geiger vorgesehen, denen wiederum je ein Grobrechen vorgelagert ist, so daß auf je zwei Pumpen eine Rechenanlage von 2,5 m³/s Leistung kommt. Die Rechenkammern können durch eingebaute Rollenzugschieber vollkommen abgeschlossen werden. Der erste Ausbau des Einlaufbauwerkes erstreckt sich auf die Anlage von 2 Rechenkammern und die Aufstellung von 4 Pumpen. Die Pumpen sind so versetzt zueinander aufgestellt, daß sie eine möglichst geringe Grundfläche und möglichst wenig Krümmer in den Leitungen benötigen. Eine im Zubringerpumpenhaus über den einzelnen Rohrsträngen liegende, von allen Leitungen absperrbar eingerichtete gemeinsame Verbindungsleitung und eine gleiche Leitung im Maschinenhauskeller, die unterhalb der einmündenden Rohrstränge angeordnet ist, ermöglichen ein gegenseitiges Umschalten der einzelnen Pumpen und Druckrohrleitungen auf die einzelnen Kondensatoren. Die Verbindungsrohrleitung im

Maschinenhauskeller ist absperrbar nach dem gemeinsamen Kühlwasserabflußkanal geführt, so daß man bei etwaigem Schlammabsatz in den Druckrohrleitungen und Kondensatoren mehrere Pumpen auf eine Leitung bzw. einen Kondensator zusammenschalten und diese mit entsprechend erhöhter Wassergeschwindigkeit durchspülen kann.

Bild 8. Schnitt und Grundriß des Einlaufbauwerkes.

Der Scheitel der Kühlwasserdruckleitungen liegt so hoch, daß die höchste Stelle am Kondensator 12,69 m über dem tiefsten Weserwasserstand liegt. Um ein Abreißen der Wassersäule in der Warmwasserabflußleitung von den Kondensatoren zu verhüten, ist für die in Kraftschluß arbeitende Heberleitung nur eine Höhe von etwa 7–7½ m für den abfallenden Strang zugelassen und dem gemeinsamen Kühlwasserabflußkanal sind daher Kühlwasserabflußschächte für jede Turbine vorgebaut, die durch ein Überfall von der Abflußleitung getrennt sind. Die Kühlwasserpumpen arbeiten somit nur in teilweisem Kraftschluß, und zwar beträgt die maximale geometrische Förderhöhe beim niedrigsten Wasserstand 5,40 m, die aber im normalen Betrieb im Mittel auf etwa 1,5 m zurückgeht. Für die Pumpen ergab sich unter Berücksichtigung des Widerstandes der Rohrleitungen und der Kondensatoren und der maximalen geometrischen Förderhöhe eine gesamte manometrische Förderhöhe von 13,3 m bei einem Kraftbedarf von je 326 PSe. Zum Antrieb wurden Hochspannungsmotoren von 381 PSe bei normal 980 Umdr/min gewählt.

Es wurde davon abgesehen, für die Antriebsmotoren der Kühlwasserpumpen eine verlustlose Regelung zur Berücksichtigung des bei veränderlichem Wasserstand wechselnden Kraftbedarfes zu wählen, da der Preis

der Motoren sich hierdurch um ein Mehrfaches verteuert hätte. Die günstigsten Wirkungsgrade der Kühlwasserpumpen sind vielmehr in den Bereich der mittleren Förderhöhe gelegt, und die Kühlwassermenge kann durch Betätigung der am Eintritt der Doppelkondensatoren sitzenden Drosselschieber der Hülßmeyer-Spülung geregelt werden. Um den Maschinisten diese Arbeit zu erleichtern, ist bei den Kondensatoren ein Amperemeter angebracht, das die Stromaufnahme des Kühlwasserpumpen-Antriebmotors anzeigt. Auf die Regelung der Kühlwassermenge wird jetzt im Betrieb ganz verzichtet, da die Stromaufnahme des Antriebmotors infolge günstiger Wahl der Q-H-Kurve für die Kühlwasserpumpen bei den wechselnden Förderhöhen fast gleich bleibt und weil das bei den geringen Förderhöhen mehr geförderte Wasser der Turbinenkondensation zugute kommt.

Bei der Bauausführung des Einlaufwerkes wurde der vordere Teil, der die Rechenkammer enthält, als Senkkasten ausgebildet. Die zunächst im Wasser gelegene Baustelle wurde durch gerammte Larsen-Spuntwände und Erdwälle abgeschlossen und der bis zur erforderlichen Höhe über Wasser betonierte und unten an den Seitenwänden mit Schneiden versehene Senkkasten allmählich versenkt, indem der unter den Seitenwänden liegende Boden unter Wasserhaltung von innen heraus abgegraben und die Seitenwände oben entsprechend weiter betoniert wurden. Nach Erreichen der richtigen Tiefenlage wurde die eisenarmierte Sohle des Senkkastens einbetoniert. Das anschließende Zubringerpumpenhaus selbst wurde unter dem Schutz der Spuntwände in offener Baugrube bei Wasserhaltung ausgeführt.

Als Luftpumpen der Kondensatoren dienen zwei Müller-Düsen, die ihr Betriebswasser im Kreislauf aus einem besonderen, neben der Turbine liegenden Behälter erhalten. Dieser besondere Wasserkreislauf an Stelle der sonst üblichen Anzapfung der Kühlwasserleitungen wurde gewählt, um für diese Pumpenleistung sowohl an Förderhöhe als auch an Reibungsverlusten durch die lange Zubringeleitung zu sparen. Die Erwärmung des Wassers wird durch Zugeben von Abwasser aus Strahldüsen der Speisewasserversorgung und aus dem Hochbehälter in mäßigen Grenzen gehalten.

Der Generator erzeugt Drehstrom von 5250 V bei $\cos \cdot \varphi = 0{,}8$. Die zur Kühlung dienende Luft wird durch ein Stoffilter gereinigt. Für die Anwendung einer Umlaufkühlung lagen zur Zeit der Bestellung noch nicht genügend Betriebserfahrungen vor.

Zwischen dem Maschinenhaus und Kesselhaus ist ein reichlicher Abstand gelassen, so daß von den Pumpenhäusern unterbrochene Höfe entstehen, die Raum für die Schornsteine bieten und eine gute Belichtung und Belüftung der beiden Häuser gestatten. An der Seite des Kohlenlagerplatzes ist der Übergang vom Maschinenhaus zum Kesselhaus durch einen Turmbau geschaffen, der neben den Treppenanlagen und Bureauräumen nebst einigen Wohnungen für das Dienstpersonal hauptsächlich einen Wasserhochbehälter enthält.

Hinter dem ersten Schornstein folgt das Pumpenhaus für den ersten Ausbau. In diesem sind die Speisepumpen, eine Wasserreinigungsanlage nach dem Neckarverfahren und ein Misch- und Entlüftungskessel für das Speisewasser sowie eine kleinere Speisepumpe für das Zusatzwasser untergebracht.

Es war die Forderung gestellt worden, daß das in einem Wasserreiniger zu bereitende Zusatzwasser immer nur ein und demselben Kessel zugeführt und daß das den übrigen Kesseln zuzuführende reine Kondensat vorher entlüftet werden sollte. Ferner sollte die Temperatur des Speisewassers beim Eintritt in die Ekonomiser 40° betragen, so daß kein Schwitzen der Ekonomiser eintreten kann.

Das Schema der Speisewasserbereitung zeigt Bild 9. Das Turbinenkondensat wird mit etwa 10—20° einem Entlüftungstopf oben zugedrückt. Hier kann das Kondensat durch den Abdampf einer Turbospeisepumpe von 220 m^2/h Höchstleistung auf etwa 46° bei Vollast und etwa 56° bei Halblast vorgewärmt und dabei unter Vakuum entgast werden. Eine Vergleichsrechnung zeigte, daß es wirtschaftlicher ist, statt der Turbospeisepumpe elektrisch betriebene Speisepumpen von je 110 m^3/h laufen zu lassen. Für diese Betriebsweise wird das Kondensat durch einen aus den Ekonomisern entnommenen Teilwasserstrom von etwa 100° im Entlüftungstopf auf die gewünschte Temperatur vorgewärmt und dabei entgast. Der Entlüftungstopf wird durch eine Wasserstrahldüse unter Vakuum gehalten; das Betriebswasser

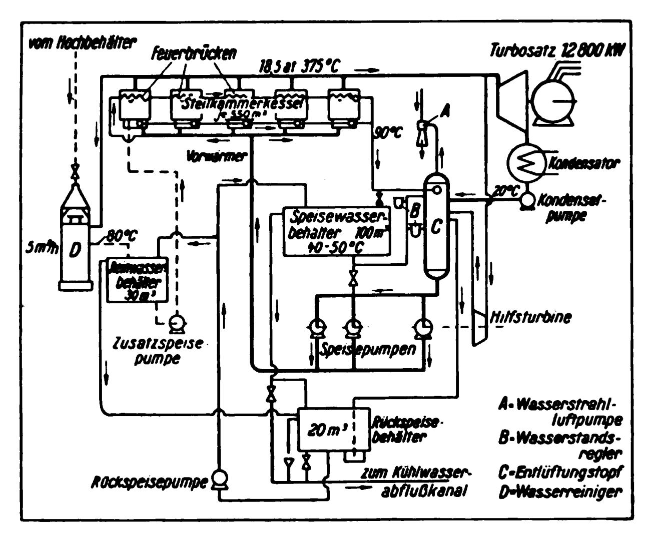


Bild 9. Schema der Speisewasserbereitung.

der Strahldüse wird dem Hochbehälter im Wasserturm entnommen und fließt dann in die Wasserbehälter der Strahlpumpen an den Kondensatoren. Der Wasserstand im Entlüftungstopf wird zwischen zwei Grenzen gehalten. Das überschüssige Wasser fließt durch ein unter barometrischem Wasserabschluß stehendes Rohr in einen Rückspeisebehälter von 20 m³ Fassungsvermögen ab. Bei zu niedrigem Wasserstand treten als automatische Wasserstandregler zwei Schwimmerventile in Tätigkeit, die Speisewasser aus dem Speisewasserbehälter in den Kreislauf

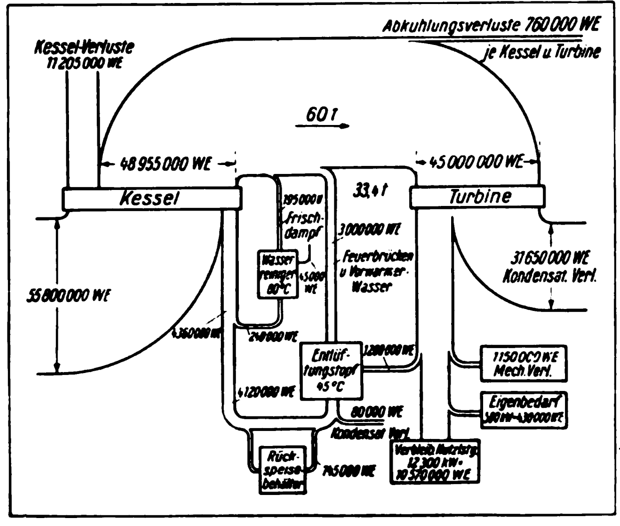


Bild 10. Wärmestrombild des Kraftwerkes.

einführen. Vom unteren Ende des Entlüftungstopfes fließt das entgaste Speisewasser den Speisepumpen zu, die das Speisewasser auf sämtliche mit Hannemann-Reglern versehene Kessel drücken.

Von den fünf für die erste Turbine benötigten Kesseln wird einem Kessel das Zusatzwasser zugespeist. Hierzu dient eine elektrisch betriebene Zusatzspeisepumpe von 30 m³/h Leistung. Diese Pumpe entnimmt das durch einen nach dem Neckarverfahren arbeitenden Wasserreiniger gereinigte Reinwasser einem Reinwasserbehälter von 30 m³ Fassungsvermögen. In diesen Reinwasserbehälter mündet auch die Druckleitung einer Rückspeisepumpe von 20 m³/h Leistung, die das im Rückspeisebehälter angesammelte Kondensat, automatisch durch einen Schwimmer gesteuert, fördert. Sobald im Reinwasserbehälter ein gewisser Wasserstand erreicht ist, wird die Zuleitung zu diesem Behälter durch ein Schwimmerventil geschlossen; dann fördert die Rückspeisepumpe das überschüssige Wasser in den Hauptspeisebehälter. Auf dem gleichen Wege wird der Hauptspeisebehälter auch zur erstmaligen Inbetriebsetzung mit Reinwasser gefüllt. Ein Überlauf im Reinwasserbehälter führt ebenso wie eine Entleerungsleitung zum Rückspeisebehälter. In diesen Behälter münden die Kondensatwasserleitungen der verschiedenen Kondenswassertöpfe. Ebenso können die Kessel in den Rückspeisebehälter abgeblasen oder entleert werden. Zur Entfernung des dabei etwa sich zeigenden Schlammes sind die Kesselabblaseleitungen auch auf den Abwasserkanal umschaltbar. Die Feuerbrücken werden ebenfalls durch Speisewasser gekühlt, das den ersten Stufen einer Speisepumpe entnommen und auf 3 at reduziert wird. Dieses Feuerbrückenwasser wird dem Entlüftungstopf oben mit dem Wasser aus den Ekonomisern zugeführt.

Die ganze Speisewasserversorgung arbeitet bei der geschilderten Anordnung selbsttätig. Lediglich wenn der Wasserstand im Hauptspeisewasserbehälter über ein gewisses Maß steigt, ist die Zusatzwasserbereitung abzustellen. Der Hauptspeisewasserbehälter wirkt bei der Anordnung lediglich als Puffer und gestattet, das Zusatzspeisewasser in unterbrochenem Betriebe zeitweise im Vorrat herzustellen. Der Rückspeisebehälter gibt mit seinem Wasserstand dauernd ein Mittel an Hand, um den guten Betrieb des Kraftwerkes zu überwachen. Im Betriebe hat sich die Anlage bisher gut bewährt. Die Zusatzspeisewassermenge beträgt nur 1,5 – 2 % der

ganzen Speisewassermenge, da fast alles Kondensat zurückgewonnen wird.

In Bild 10 ist zur Ergänzung der vorstehenden Schilderung das Wärmestrombild der Anlage dargestellt. Man erkennt, wie die aus dem Ekonomiser abgezweigte Wärmemenge durch den Entlüftungstopf mit dem Speisewasser restlos wieder dem Kessel zufließt. Damals, als die Turbine bestellt wurde, war die Frage der Speisewasservorwärmung durch Anzapfdampf aus der Turbine noch nicht soweit geklärt, daß man sich zur Anwendung hätte entschließen können, zumal Betriebserfahrungen überhaupt noch nicht vorlagen. Heute würde man die Anzapfung der Turbine der Hilfswasserentnahme aus dem Ekonomiser vorziehen, da der Wirkungsgrad der Anlage dadurch um ein geringes gesteigert werden kann.

Aus dem Wärmestrombild ergibt sich ein Gesamtwirkungsgrad für Vollast von 18,9% bei Annahme von 20% Kesselverlusten und unter Benutzung der für die Dampfturbine garantierten Werte. Das Kraftwerk konnte bisher noch nicht voll belastet werden, da das für das Werk bestimmte Versorgungsgebiet sich erst im Ausbau befindet und da die weiterhin erwähnte Fernleitung nach Wiesmoor nicht ausreicht, um größere Energiemengen als etwa 8000 kW in das Versorgungsgebiet oder nach Wiesmoor zu senden. Es liegen deshalb noch keine abschließenden Zahlen über den Wirkungsgrad bei Vollast vor. Teilversuche haben aber gezeigt, daß die Dampfturbine den garantierten Dampfverbrauch einhält.

Auf der Landseite parallel zum Maschinenhaus befinden sich ein 22000 V- und ein 65000 V-Schalthaus. Beide sind durch direkte Übergänge mit dem Maschinenhaus verbunden. Zwischen ihnen liegt an der einen Längswand des Maschinenhauses die Schaltbühne. Das Schaltungsschema zeigt Bild 11.

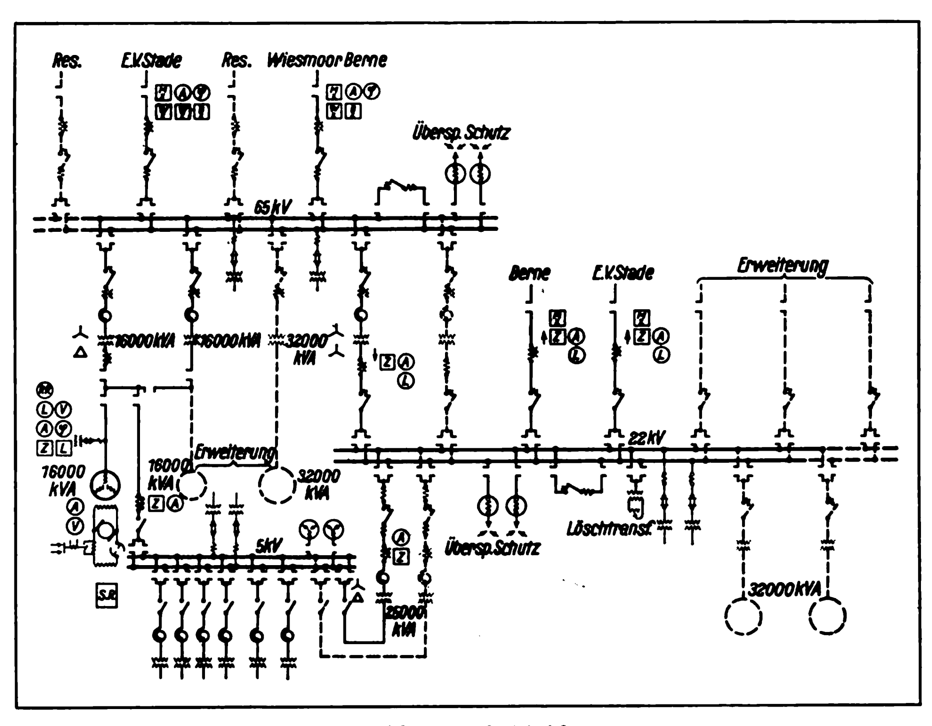


Bild 11. Schaltbild.

Die Energie wird teilweise mit 65, teilweise mit 22 kV verteilt. Der 16000 kVA-Generator, 5250 V, arbeitet unmittelbar über einen in Dreieck-Stern geschalteten 16000 kVA-Transformator, 5250/65000 V, auf ein Doppelsammelschienen-System. Ein zweiter, gleicher Transformator liegt parallel und dient als Reserve. Von den 65 kV-Sammelschienen gehen bei dem jetzigen Ausbau zwei Freileitungen ab, von denen eine in das Gebiet des Elektrizitätsverbandes Stade führt, während die andere über die 96 m hohe Weserkreuzung nach der Transformatorenstation Berne und von hier nach der Torfzentrale Wiesmoor führt. Beide Kraftwerke arbeiten über die 65 km lange Freileitung parallel.

Von den 65 kV-Sammelschienen zweigt ferner ein weiterer Abzweig über einen 16000 kVA-Transformator ab (Stern/Stern-Schaltung), der von 65 kV auf 22 kV heruntertransformiert und Doppelsammelschienen von 22 kV speist. Von diesen gehen zwei Freileitungen ab, die eine ebenfalls in das Versorgungsgebiet des Elektrizitätsverbandes Stade, die andere über die oben erwähnte Weserkreuzung zu der Transformatorenstation Berne. Die Weserkreuzungsmasten führen also eine 65 kV- und eine 22 kV-

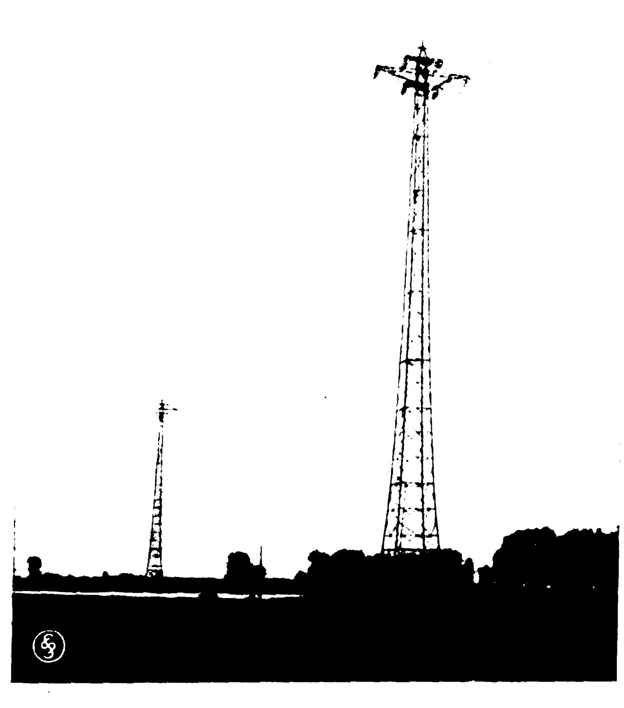


Bild 12. Weserkreuzung.

Drehstromleitung. Die Kreuzung hat etwa 409 m Spannweite; die Pfeilhöhe vom Wasserspiegel bis zum untersten Punkt der Leiter bei stärkstem Durchhang beträgt 58 m, der Leiterdurchhang 32,8 m. Die Leitungen sind aus Bronze und haben einen Querschnitt vom 35 mm²; die zulässige Beanspruchung beträgt 16 kg/mm². Bild 12 zeigt ein Lichtbild der Kreuzung.

Der Überspannungsschutz ist auf das notwendigste Maß beschränkt worden und besteht sowohl für die 65 kV- als auch für die 22 kV-Gruppe und für die Eigenbedarfsanlage in Dreiphasen-Hörnerschutzeinrichtung mit zugehörigen Ölwiderständen. Die 65 kV-Gruppe erhält außerdem noch Erdungsdrosseln. Um Erdschlüsse und deren schädliche Wirkungen im 22 kV-Netz zu bekämpfen, wurde an die 22 kV-Sammelschienen der Zentrale noch ein regelbarer Löschtransformator angeschlossen.

Der Eigenbedarf wird teilweise unmittelbar von den 5 kV-Generator-Hilfsschienen oder mittels eines 2500 kVA-Transformators 22/5 kV (Stern/Dreieck-Schaltung) von der 22 kV-Schiene gespeist. Eine Akkumulatorenbatterie, 220 V Gleichstrom, dient als Stromquelle für Fernantrieb der Ölschalter, Notbeleuchtung, Signal-, Temperatur- und Gefahrmeldeeinrichtung usw. Die Aufladung der Batterie geschieht mittels zweier Ladeumformer, von denen der größere im Bedarfsfalle auch zur Fremderregung des Turbogenerators verwendet werden kann. Die Ölschalter der 65 kV- und 22 kV-Anlage sowie die Sammelschienen-Kuppelschalter werden von der Schaltbühne im Obergeschoß des Verbindungsraumes zwischen dem Maschinenhaus und Schalthaus aus betätigt.

Die Zähler für die abgehenden Freileitungen sowie für den Eigenbedarf sind auf einer Schalttafel von 16 Feldern angeordnet. In der abgehenden 65 kV-Freileitung Berne—Wiesmoor liegen zwei Wirkzähler, von denen einer als Kontrollzähler dient; ferner ist noch ein Sinus-Zähler für die Registrierung der Blindentnahme nach Berne—Wiesmoor eingebaut.

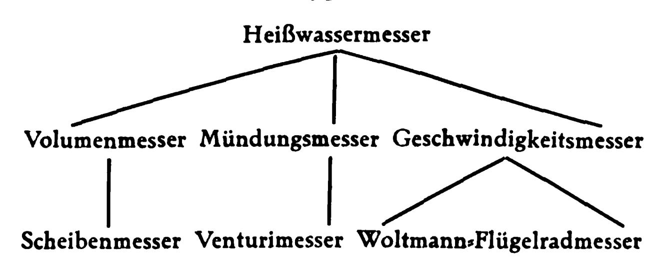
Zur Erhöhung der Betriebssicherheit und zum Schutz gegen Überstrom, Kurzschluß und Fehlerstrom sind der Generator und die Transformatoren mit entsprechenden Signal- und Kommandoeinrichtungen versehen, die gleichfalls im Kommandoraum auf einer Schalttafel untergebracht sind. Um die Temperatur des Öles der Transformatoren-Ölwiderstände von einer Stelle aus überwachen zu können, ist jeder dieser Apparate noch mit Fernthermometern ausgerüstet.

Über die Auswahl von Heißwassermessern

Von Dr.-Ing. A. Grunwald, Wassermesser-Abt. der Siemens & Halske A.-G.

Zur Heißwassermessung werden sehr verschiedene Meßverfahren angewendet, so daß eine richtige Auswahl nicht immer leicht zu treffen ist. Die Siemens & Halske A.-G. hat sowohl Volumenmesser als auch Mündungs- und Geschwindigkeitsmesser für die Messung heißen Wassers ausgebildet. Zu der ersten Gruppe gehört der Kesselspeise-Scheibenwassermesser, als Vertreter der zweiten ist der Venturimesser zu nennen, während die dritte Gruppe durch den Woltmann- und Flügelrad-Messer vertreten ist.

Die folgende Übersicht gibt eine Gliederung der einzelnen Messertypen:



Diese Messer sind durchaus nicht für alle Verhältnisse gleich gut geeignet. Jeder Messer hat seine besonderen Eigenschaften, die nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet werden müssen. Daraus ergeben sich dann auch ohne weiteres die Richtlinien für eine zweckmäßige Auswahl.

Unter allen Umständen erlaubt die Mannigfaltigkeit der Siemens-Ausführungen eine einwandfreie, den besonderen Betriebsverhältnissen angepaßte Messung.

Das Hauptverwendungsgebiet stellen die Messungen von Kesselspeisewasser dar. Deshalb soll vor der Behandlung der einzelnen Messergattungen auf die Anforderungen, die der Kesselbetrieb an die Messer stellt, eingegangen werden.

Welche Anforderungen stellt der Kesselbetrieb an einen Heißwassermesser?

Für die Untersuchung einer Kesselanlage genügt es nicht nur, die erzeugte Dampfmenge zu messen. So wichtig diese Messung[1]) auch für die Erzeugung des Dampfes und seine Verteilung im Werk ist, so kann sie doch für sich allein kein Bild von der Wirtschaftlichkeit einer Kesselanlage geben.

Die günstigste Ausnutzung einer Kesselanlage ist nur dann zu erzielen, wenn man neben den Wärmeverlusten und der stündlichen Dampfleistung auch die Verdampfungszahl ermittelt. Den Wärmeverlusten kann mittels Temperatur-, CO_2- und CO-Messungen nachgegangen werden, während Venturi-Dampfmesser die Unterlagen für die Erzeugung, Verteilung und Verrechnung des Dampfes liefern.

Der Kesselspeise-Wassermesser dagegen ermöglicht die Errechnung der Verdampfungszahl. Jede Kohle hat entsprechend ihrem Heizwert ein bestimmtes Verdampfungsvermögen, d. h. mit einem kg einer bestimmten Kohlensorte kann man eine gewisse Anzahl kg Wasser verdampfen. Je besser die Kohle und je höher der Heizwert, je vollkommener die Anlage und je aufmerksamer die Bedienung der Feuerung ist, eine um so höhere Verdampfungszahl $\left\{\frac{\text{Wassermenge}}{\text{Kohlenmenge}}\right\}$ ist erreichbar und um so größer ist die Ausnutzung des Brennstoffes. Aus der Angabe, wieviel kg Wasser ein kg Kohle verdampft, ist sofort zu erkennen, ob der Kessel den geforderten oder gewährleisteten Wirkungsgrad erreicht.

Die Verdampfungszahl kann aus den gewogenen Kohlenmengen und der verbrauchten Speisewassermenge ermittelt werden. Ein Heißwassermesser ist also ein vorzügliches und einfaches Mittel, sich Kenntnis von der Wirtschaftlichkeit der Anlage zu verschaffen.

Aus der Art der Kesselspeisung und der Bedeutung, die eine genaue Überwachung der Speisewassermengen für den Kesselbetrieb hat, ergeben sich die Eigenschaften, die ein guter Kesselspeise-Wassermesser haben muß.

Die Menge des Speisewassers schwankt vielfach in weiten Grenzen, und es wird infolge der Verwendung von Pumpen, Kondenswasserrückleitern usw. stoßweise zugeführt. Selbst durch Speisewasserregler neuerer Bauart ist keine völlig gleichmäßige Speisung zu erreichen[1]). Wie die Verhältnisse tatsächlich liegen, zeigen die mit dem Registrierapparat eines Venturimessers aufgenommenen und in den Bildern 1 und 2 dargestellten Speisediagramme. Das Diagramm in Bild 1 läßt außerordentlich starke und schnell aufeinander folgende Schwankungen erkennen. Derartige Diagramme sind nur unter großem Zeitaufwand zu planimetrieren, und das Ergebnis ist in den meisten Fällen ungenau. Nach einer einfachen Änderung in der Anlage wurde mit einem Hannemann-Regler ein Diagramm erzielt, wie es Bild 2 zeigt; es stellt eine gleichmäßigere Speisung dar. Hervorzuheben ist, daß diese Verhältnisse mit Hilfe eines Venturi-Speisewassermessers geklärt wurden, der trotz der hohen Anforderungen und der sehr rauhen Betriebsweise der Anlage völlig störungsfrei arbeitete.

1) Näheres darüber s. Aufsatz: Über das Wesen der Druckdifferenzmessung. Ein Beitrag zur Lösung der Frage: Staurand, Düse oder Venturirohr? Siemens-Zeitschrift 1925, Heft 2 und 3.

1) Prof. Gramberg, Regeln für Leistungsversuche an Dampfanlagen; Archiv für Wärmewirtschaft, Heft 2, 1925.

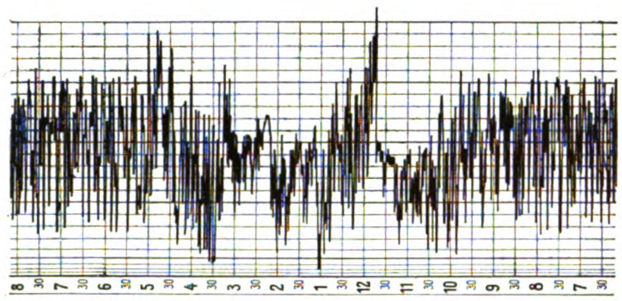


Bild 1. Speisediagramm einer Kesselanlage, von einem Venturi-Kesselspeise-Wassermesser aufgenommen.

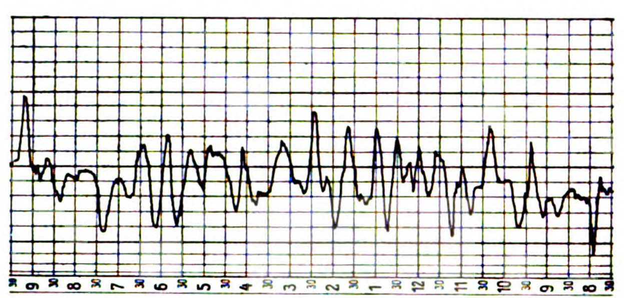


Bild 2. Speisediagramm der gleichen Anlage nach Umbau mit Hannemann-Reglern.

Auf keinen Fall dürfen infolge unruhiger Arbeitsweise die Meßgenauigkeit und Betriebssicherheit eines Messers nachlassen. Bei Messungen von dieser Tragweite ist höchste Genauigkeit zu fordern. Gelingt es nämlich mit Hilfe genauer Messungen des Speisewassers, den Wirkungsgrad des Kessels auch nur um wenige Prozent zu erhöhen, so können wesentliche Ersparnisse erzielt werden.

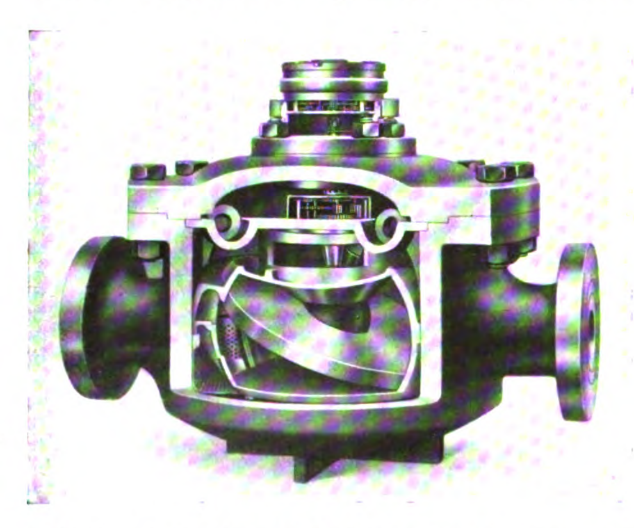


Bild 3. Der Siemens-Heißwassermesser mit aufgeschnittenem Gehäuse und Meßkammer.

Die Empfindlichkeit eines Kessels gegen ölhaltiges Wasser läßt es wünschenswert erscheinen, Schmiermittel möglichst fernzuhalten.

Hieraus ergeben sich für einen Kesselspeise-Wassermesser folgende Forderungen:

1. Weitestgehende Anpassungsfähigkeit an die meist stark wechselnden Betriebsverhältnisse, besonders bei Druck- und Temperatur-Änderungen.
2. Große Betriebssicherheit auch bei schwankender Speisung.
3. Möglichst hohe, von den unter 1 und 2 genannten Faktoren unbeeinflußbare Meßgenauigkeit.
4. Sicheres und genaues Ansprechen des Messers auch bei geringen Durchflußmengen.
5. Möglichste Vermeidung jeglicher Schmierung.

Der Kesselspeise-Scheibenwassermesser.

Der verbreitetste Speisewassermesser ist der Siemens-Heißwassermesser (Bild 3); mehr als 12000 Kessel sind mit ihm ausgerüstet, eine Zahl, die den gewaltigen Aufschwung in dieser Entwicklung zeigt. Eine auf einer Kugel ruhende hohle Metallscheibe ist von einem Gehäuse umschlossen, dessen Form durch die eigenartige Bewegung der Scheibe gegeben ist. Die Scheibe wälzt sich auf den unteren und oberen Kegelflächen des Gehäuses ab und gleitet mit ihrem Umfange an den Seitenwänden des Gehäuses, den vom Scheibenkammergehäuse umschlossenen Meßraum dabei in zwei gleiche Teile teilend, einen oberen und einen unteren. Die Einström- und Ausström-Öffnungen liegen nebeneinander und sind getrennt durch eine vom Umfang nach dem Mittelpunkt der Kammer zu verlaufende senkrechte Scheidewand. Diese greift in einen entsprechenden Schlitz der Scheibe ein, verhindert so einmal, daß sich die Scheibe um ihre senkrechte Achse dreht, dann aber, daß das Wasser ungemessen, ohne auf die Scheibe einzuwirken, den Meßraum durchfließt. Dem Wasser ist beim Durchfließen des Meßraumes ein ganz bestimmter Weg vorgeschrieben; auf diesem bringt es die Scheibe in eine oszillierende Bewegung und bewirkt, daß mit jeder Oszillation eine dem Nutzinhalt der Scheibenkammer gleiche Wassermenge abfließt.

Der KS-Wassermesser läßt sich für elektrische Fernregistrierung einrichten. Der in seiner gebräuchlichsten Ausführungsform in Bild 4 dargestellte Registrierapparat wird durch ein im Kopf des Messers angeordnetes Kontaktwerk

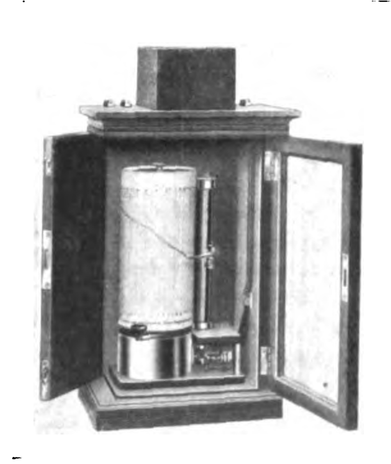


Bild 4. Elektrischer Fernregistrierapparat für Scheibenmesser.

(Bild 5) betätigt. Im Registrierapparat befindet sich die durch ein Uhrwerk in Drehung versetzte, senkrecht stehende Registriertrommel, um die das Registrierpapier gelegt wird. Durch Öffnen und Schließen der Kontaktvorrichtung im Wassermesser wird eine Schreibvorrichtung betätigt, die den Wasserverbrauch auf dem Diagrammpapier in einer Kurve aufzeichnet, und zwar so, daß die Höhenverschiebung als Maß für die verbrauchte Wassermenge dient, während der Weg auf dem Umfang der Registriertrommel die Zeit erkennen läßt, in welcher der Wasserverbrauch stattgefunden hat. Der Registrierapparat wird mit Batteriestrom von 10 bis 14 V Spannung und 0,1 A Stromstärke betrieben; es kann aber auch Maschinenstrom verwendet werden.

Der Venturi-Heißwassermesser.

Dem Venturi-Heißwassermesser liegt das im Bild 6 schematisch dargestellte Venturiprinzip zugrunde. Dieses erfordert ein Einschnürungsorgan, im folgenden Primärorgan genannt, das eine Druckdifferenz entsprechend der Durchflußmenge hervorruft, und ein Differential-Manometer mit einem Mechanismus zum Anzeigen, Registrieren oder Zählen der Durchflußmenge, dem Sekundärorgan. Die Gesamtanordnung eines Venturi-Heißwassermessers zeigt Bild 7.



Bild 5. Kontaktwerk im Heißwassermesser.

Dem Venturiprinzip liegen die Kontinuitätsbedingung und der Bernoullische Satz zugrunde.

Die Kontinuitätsgleichung sagt aus, daß bei einem strömenden Medium das Produkt aus

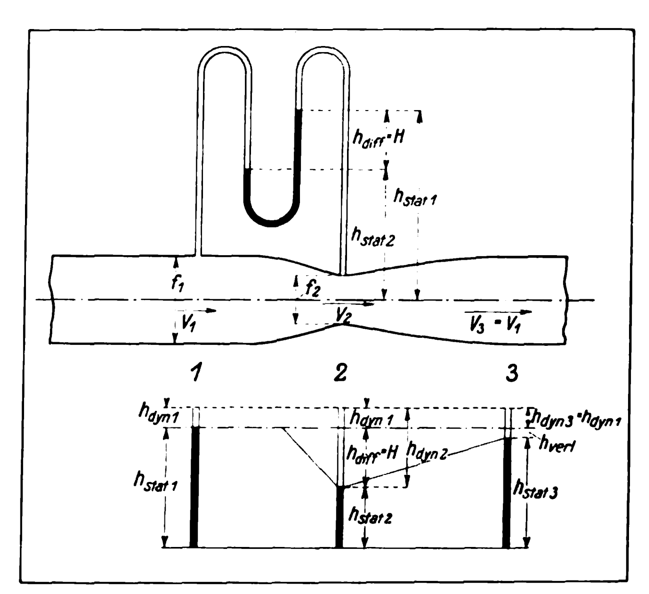


Bild 6. Prinzip der Druckdifferenzmessung.

Querschnitt f und zugehöriger Geschwindigkeit v für jede Stelle der Rohrleitung konstant ist: $Q = f \cdot v = \text{const.}$

Nach dem Bernoullischen Satz ist in einer geschlossenen Leitung die Summe aus der statischen und dynamischen Energie für jede Stelle konstant. Für die statische Energie ist die Druckhöhe

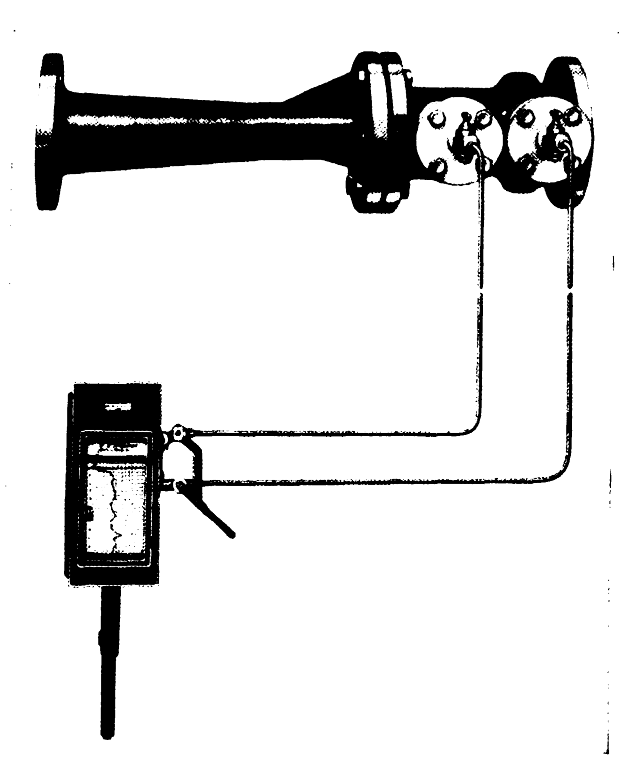


Bild 7. Venturi-Heißwassermesser mit mechanischem Registrierapparat.

h_{stat}, für die dynamische Energie die Geschwindigkeitshöhe h_{dyn} ein Maß; beide werden in m Wassersäule gemessen. Danach kann der Bernoullische Satz folgendermaßen ausgedrückt werden: $h_{ges} = h_{stat} + h_{dyn}$, wobei h_{ges} ein Bild der gesamten Energie gibt.

Die Druckhöhe kennzeichnet den Leitungsdruck an der betreffenden Stelle, während die Geschwindigkeitshöhe durch die Beziehung $h_{dyn} = \frac{v^2}{2g}$ mit der Geschwindigkeit verknüpft ist.

Mit der Verringerung des Rohrquerschnittes f_1 auf f_2 im Einschnürungsorgan erhöht sich die Geschwindigkeit von v_1 auf v_2 und damit die Geschwindigkeitshöhe von $h_{dyn1} = \frac{v_1^2}{2g}$ auf $h_{dyn2} = \frac{v_2^2}{2g}$, also um $h_{diff} = H = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$.

Da andererseits nach dem Bernoullischen Satz h_{ges} gleichgeblieben ist, muß sich die statische Druckhöhe um den Zuwachs ($h_{diff} = H$) der Geschwindigkeitshöhe vermindert haben. Es hat sich also h_{stat1} auf h_{stat2} verkleinert.

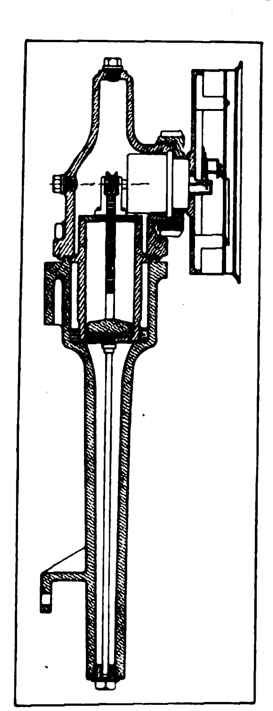


Bild 8. Schnitt durch den mechanischen Anzeigeapparat.

Die Größe der Druckdifferenz $H = \frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g}$ hängt von der Durchflußmenge ab; denn wachsende Durchflußmenge erfordert erhöhte Geschwindigkeit v_2, wenn ihr der gleiche Querschnitt wie vorher zur Verfügung steht.

Durch das konische Auslaufrohr wird dieser Vorgang fast vollständig rückgängig gemacht, so daß nunmehr eine Druckhöhe h_{stat3} vorhanden und der alte Rohrleitungsdruck bis auf einen kleinen Verlustbetrag h_{verl} wieder hergestellt ist.

Die mit einem Differential-Manometer leicht festzustellende Druckdifferenz H ergibt zusammen mit der ursprünglichen Geschwindigkeitshöhe h_{dyn1} die im engsten Querschnitt vorhandene Geschwindigkeitshöhe h_{dyn2}. Aus dieser ist die Geschwindigkeit v_2 mit Hilfe der Beziehung $h_{dyn2} = \frac{v_2^2}{2g}$ also $v_2 = \sqrt{2g\,h_{dyn2}} = \sqrt{2g\,h_{dyn1} + H}$ ohne weiteres zu ermitteln. Da ferner der Düsenquerschnitt nach der Konstruktion bekannt ist, kann die Durchflußmenge errechnet werden.

Aus diesen Ausführungen erhellt, daß die im Manometer abgelesene Druckdifferenz zu einem Maß für die Durchflußmenge wird.

Die Bauart des eigentlichen Venturirohres geht aus Bild 9 hervor. Die wesentlichsten Teile sind das zylindrische Einlaufrohr mit den Druckentnahmekammern und der eingesetzten Düse sowie das konische Auslaufrohr. Besondere Beachtung ist dem konisch gestalteten Teile des Einlaufs zuzuwenden. Er dient nämlich dazu, das zylindrische Einlaufrohr allmählich zur Düse überzuleiten, so daß Energieverluste vermieden werden und dem Druckgefälle bis zum engsten Querschnitt die Geschwindigkeitszunahme völlig entspricht, also nur eine Umwandlung der Energieform stattfindet. Andere Konstruktionen, bei denen die Düse in ein zylindrisches Einlaufrohr ohne konische Verjüngung hineinverlegt ist, sind einfach als Düsen anzusprechen. Sie geben dem Strahl eine weit weniger gute Führung, man erspart nichts an Baulänge, sie bieten also keine Vorteile. Durch eine solche Konstruktion wird das Bestreben vereitelt, tote Räume und Winkel, von denen man nicht weiß, wie die Strömung in ihnen verläuft, soweit wie möglich zu vermeiden.

Im engsten Zusammenhang damit steht die günstige Lage der Druckabnahmestellen bei der Siemens-Ausführung. Um eine möglichst einwandfreie, von zufälligen Störungen in der Strömung unabhängige Druckabnahme zu erhalten, sind zwei ringförmige Druckkammern ausgebildet. Für die Kammer zur Entnahme des „Minusdruckes" (Druckes im engsten Querschnitt) wird der zwischen der Düse und dem Einlaufrohr liegende freie Raum benutzt, während die Kammer für die Entnahme des „Plusdruckes" (Druckes im Einlaufquerschnitt) durch einen an das zylindrische Einlaufrohr angegossenen Wulst gebildet wird. Um die Druckentnahmestelle dieser ringförmigen Druckkammer vor Verschmutzung zu schützen, ist vor die Druckkammer ein ringförmiges Sieb gesetzt. Die Verbindung zwischen der Einschnürungsstelle und der Kammer zur

Entnahme des Minusdruckes stellen radiale Löcher im engsten Querschnitt der Düse her.

Mittels des schlanken Auslaufrohres gelingt es, den erzeugten Druckunterschied bis auf 10 bis 15 % wieder in Druckenergie zurückzuverwandeln. Trotz des Hindurchströmens des Wassers durch den Messer kann man nachher praktisch den gleichen Druck wie vorher feststellen.

Auf diese Weise ist es möglich, mit hoher Druckdifferenz, also mit großen Verstellkräften im Anzeigemechanismus, zu arbeiten, ohne mit einem beträchtlichen, bleibenden Druckverlust rechnen zu müssen.

Das zur Herstellung des Venturirohres verwendete Material wird völlig den Betriebsverhältnissen angepaßt. Die Ein- und Auslaufrohre werden bei Drücken bis zu 15 at aus Gußeisen, bei höheren aus Stahlguß hergestellt. Die Düse kann aus Gußeisen oder Bronze gefertigt werden.

Die Anzeige der Durchflußmengen in irgendeiner Form übernimmt das vom Venturirohr betätigte Sekundärorgan. In der einfachsten Anordnung ist dieses als mechanischer Leistungsanzeiger (Bild 8) oder mechanischer Registrierapparat (Bild 7) ausgebildet. An die Stelle dieser mechanischen Apparate können solche mit elektrischer Fernübertragung (Bild 9) in Form elektrischer Zähler, Anzeiger oder Registrierer treten. Die elektrischen Apparate werden in irgendeiner Verbindung allein oder zu mehreren von einem elektrischen Geber (Bild 9) betätigt.

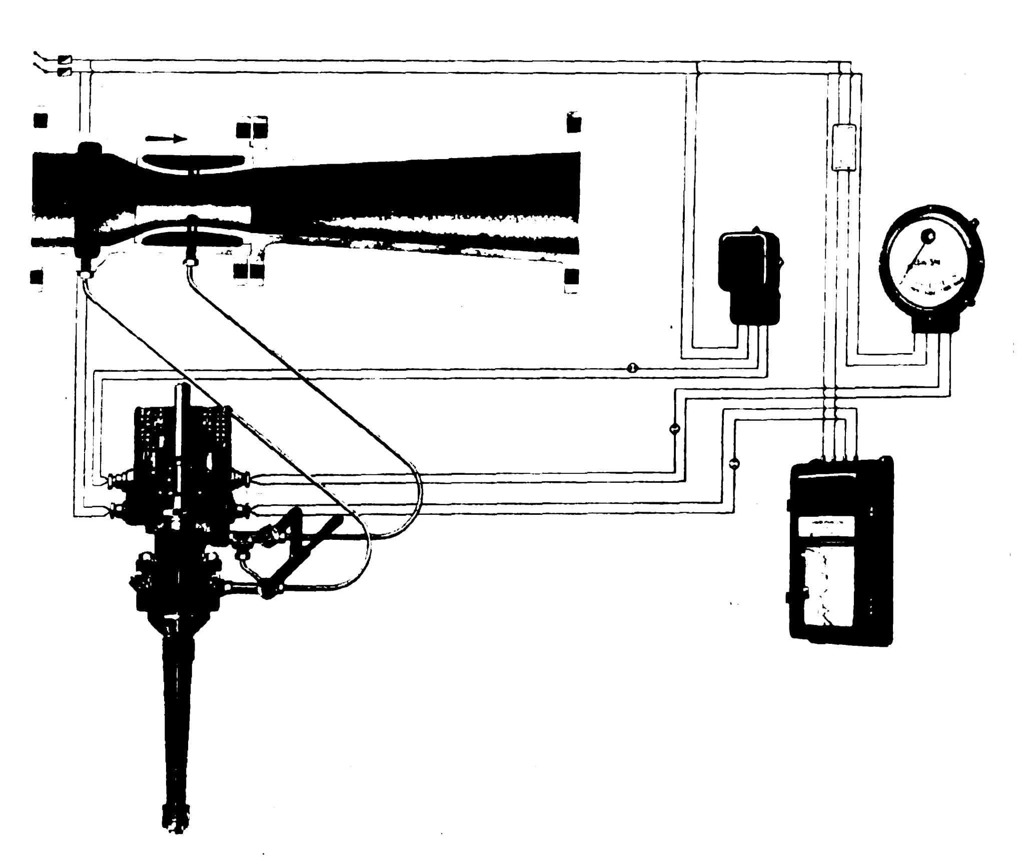


Bild 9. Venturi-Heißwassermesser mit elektrischer Meßanordnung.

Den mechanischen Apparaten sowie dem elektrischen Geber ist die Konstruktion des Differential-Manometers gemeinsam. Bei der Bedeutung, die das Differential-Manometer für die Betätigung des mit ihm verbundenen Mechanismus hat, soll auf seinen außerordentlich zweckmäßigen Aufbau (Bild 8) näher eingegangen werden. Es besteht aus zwei ineinander angeordneten, durch ein nach unten offenes Tauchrohr miteinander verbundenen Gefäßen. Das in den beiden Kammern befindliche Quecksilber würde sich daher, wie bei kommunizierenden Röhren, gleichhoch einstellen. Da sich die Quecksilberspiegel jedoch in völlig gegeneinander und nach außen hin abgeschlossenen Räumen bewegen, ist ihr Stand zugleich von der Größe des Druckes in der Kammer, genauer gesagt von dem Unterschied der Drücke, abhängig. Leitet man in den äußeren ringförmigen Raum den Plusdruck, in den inneren den Minusdruck, so stellt sich das Quecksilber, je nach der Größe der Druckdifferenz, verschieden hoch ein, und zwar so, daß es mit zu-


Bild 10. Schnitt durch den Siemens-Woltmann-Messer.

nehmender Differenz im inneren Gefäß zu steigen beginnt und den auf dem Spiegel ruhenden Schwimmer mitnimmt.

Da auf Grund der Mengenformel die Durchflußmenge im Venturirohr der Quadratwurzel aus der erzeugten Druckdifferenz proportional ist, muß man, um lineare Schwimmerausschläge zu erzielen, diese Beziehung in eine lineare verwandeln. Diese Aufgabe löst man dadurch, daß man der Wandung des äußeren Quecksilbergefäßes parabolische Form gibt. Der Ausschlag des Schwimmers gegenüber seiner Nullstellung, die er bei ausgeglichener Druckdifferenz einnimmt, wird somit unmittelbar ein Maß für die in der Zeiteinheit durchströmende Wassermenge.

Bei den mechanischen Apparaten wird die auf- und abgehende Bewegung des Schwimmers durch eine Zahnstange auf ein Zahnrad übertragen und damit eine Drehbewegung zum Antrieb eines Zeigers oder einer Schreibfeder geschaffen, während beim elektrischen Geber der Kraftlinienfluß in einem Spulensystem durch einen vom Schwimmer getragenen Eisenkern verändert wird.

Die bei den mechanischen Apparaten erforderliche Übertragung der Drehbewegung nach außen übernimmt eine magnetische Kupplung.

Beim elektrischen Geber schließt ein auf die Kammer aufgeschraubtes Neusilberrohr das Spulensystem von dem unter Druck stehenden Differential-Manometer ab. Damit ist ein mechanisch einwandfreier Abschluß erreicht, ohne daß die Wirkung des in diesem Rohr geführten Eisenkerns auf das Magnetsystem beeinträchtigt wird.

Die elektrischen Geräte, wie Zähler, Anzeiger und Registrierer, erhalten von den Induktionsspulen des Gebers ihre Impulse. Zur Erregung ist Wechselstrom erforderlich, der eine Frequenz von 50 Perioden und eine Spannung von 120 V haben muß. Wechselstrom anderer Spannung muß durch einen kleinen Transformator, Gleichstrom durch einen Einanker-Umformer in den Betriebsstrom umgewandelt werden. Geringe Spannungsschwankungen (bis zu $\pm$ 10%) gegenüber der Eichspannung sind ohne Einfluß auf das Meßergebnis, da die an den Ferngeber angeschlossenen Meßapparate unempfindlich dagegen sind.

Woltmann- und Flügelrad-Heißwassermesser.

Woltmann- und Flügelradmesser sind ursprünglich die typischen Kaltwassermesser; erst mit der Zeit begann man, sie für die Messung heißen Wassers zu verwenden. Dies erforderte bei den hohen Speisewassertemperaturen in neueren Anlagen eine besondere Durchbildung wichtiger Teile. Dabei können Schwierigkeiten auftreten, die bisher nicht immer in einer für die Praxis wünschenswerten Weise gelöst werden konnten.

Trotzdem hat es sich die Siemens & Halske A.-G. angelegen sein lassen, auch nach diesem Meßprinzip zuverlässige Messer zu bauen, die so vollkommen sind, wie es eben das Meßprinzip an sich zuläßt.

Wie weit dies bisher durchgeführt und bei diesem Meßprinzip überhaupt möglich ist, wird sich bei der näheren Betrachtung des Baues und der Wirkungsweise der motorischen Messer zeigen.

Bei den motorischen Messern benutzt man ähnlich wie bei dem Venturimesser die Geschwindigkeit zur Messung, jedoch wirkt auf ihre Meßorgane die Geschwindigkeit des strömenden Wassers unmittelbar ein, während die Messung beim Venturimesser auf dem Umweg über die Druckdifferenz vonstatten geht. Daraus ergibt sich schon, daß die Schwierigkeit bei der Verwendung solcher Messer zum Messen heißen Wassers darin liegt, möglichst leichte und trotzdem widerstandsfähige Flügel zu bauen und sie in geeigneter Weise zu lagern.

Das eigentliche Meßorgan eines Woltmann-Messers (Bild 10) ist der sogenannte Woltmann-Flügel. Er besteht aus einer Nabe mit schraubenförmigen Schaufeln. Die Welle des Woltmann-Flügels ist in Graphit-Kohlebuchsen gelagert, die nur geringer Abnutzung unterliegen und wegen ihres Graphitgehalts nicht geschmiert zu werden brauchen. Ein Schutzkegel am vorderen Lagerring umgibt die Vorderfläche des Flügelkörpers, entlastet somit das hintere Lager von dem durch den Wasserstrom hervorgerufenen Achsendruck.

Die gesamte Einrichtung ruht in einem Gehäuse aus Gußeisen, das im Innern mit einem

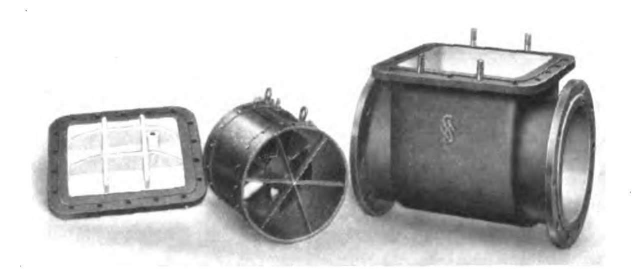


Bild 11. Woltmann-Messer mit auswechselbarer Meßtrommel.

Überzug aus Emaille versehen ist. Hierdurch wird ein wirksamer Rostschutz erzielt und das Absetzen von Verunreinigungen aus dem Wasser verhindert. Sämtliche gußeisernen Gehäuse für Betriebsdrücke bis zu 10 at werden mit einem Probedruck von 15 at geprüft und erhalten Meßflansche nach den Normen von 1882. Für höhere Betriebsdrücke liefert die Siemens & Halske A.-G., je nach der Druckhöhe, Messer mit Gehäusen aus verstärktem Grauguß oder Stahlguß, beide Ausführungsarten nach den Normen von 1900.

Bei einer anderen Ausführung befindet sich das gesamte Innenwerk in einer besonderen Meßtrommel (Bild 11). Nach Abnehmen des Gehäusedeckels kann man die Trommel herausheben, während das Gehäuse in der Leitung bleibt und durch den Deckel wieder verschlossen wird, falls nicht sofort eine Ersatzmeßtrommel eingebaut werden kann. Die Vorzüge dieser Bauart liegen in der Hauptsache darin, daß längere Betriebsstörungen durch Reinigen, Instandsetzen oder Nachprüfen des Messers vermieden werden. Deckel und Meßtrommel sind voneinander getrennt, so daß das Meßwerk durch den schweren Deckel nicht beschädigt wird. Die Anordnung ist ferner derart, daß die Achse stets wieder ihre genaue Lage erhalten muß, wodurch eine Störung der Meßgenauigkeit durch den Aus- und Einbau vermieden ist.

Das strömende Wasser versetzt den Woltmann-Flügel, entsprechend der Durchflußmenge, in Drehung, weil durch das Auftreffen der Wasserfäden auf die Schaufeln Reaktionskräfte entstehen, deren senkrecht zur Achse gerichtete Komponenten ein Drehmoment erzeugen, während die axialen Komponenten den Flügel in der Strömungsrichtung mitzunehmen suchen. Schnecke und Schneckenrad übertragen die Drehung auf ein Zähl- und Zeigerwerk. Das Zeigerwerk ist gegen den Meßraum durch eine starke Bronzeplatte abgedichtet; die Umdrehung des Zählwerks wird auf das Zeigerwerk durch einen Bronzekonus mit Nickelspindel übertragen. Die Zählwerke werden aus Nickel gefertigt.



Bild 12. Siemens-Flügelradmesser.

Auch die Wirkungsweise des Flügelradmessers (Bild 12) beruht darauf, daß bei gleichbleibender Durchflußöffnung die Durchflußmenge der Wassergeschwindigkeit und schließlich der Drehzahl des Flügels proportional ist. An die Stelle des wagerecht liegenden Woltmann-Flügels tritt hier ein lotrecht gelagertes, für die Heißwassermessung aus Metall hergestelltes Flügelrad.

Um ein Durchflußdiagramm zu erhalten oder um überhaupt die Anzeigen des Woltmann- und Flügelrad-Messers auch an einem von der Einbaustelle entfernt liegenden Ort, z. B. im Betriebsbureau, ablesen und fortlaufend beobachten zu können, kann man diese Messer in gleicher Weise wie die Kesselspeise-Scheibenwassermesser mit unseren elektrischen Fernregistrierapparaten, entsprechend Bild 4 und 5, verbinden.

(Schluß folgt.)

Hat der gelüftete Straßenbahnmotor einen höheren Energieverbrauch als der gekapselte?

Von Oberingenieur Osborne, Dynamowerk der SSW.

Diese Frage wird manchen Fachmann überraschen, denn es ist zunächst kein Grund zu erkennen, warum der gelüftete Motor im Wattstundenverbrauch ungünstiger liegen sollte als der gekapselte. Dennoch stößt man hin und wieder auf diese Meinung, die sich darauf stützt, daß der Wirkungsgrad des gelüfteten Motors schlechter sei und aus diesem Grunde auch seine Energieaufnahme größer. — Solche Behauptungen ohne Angabe der Größen-

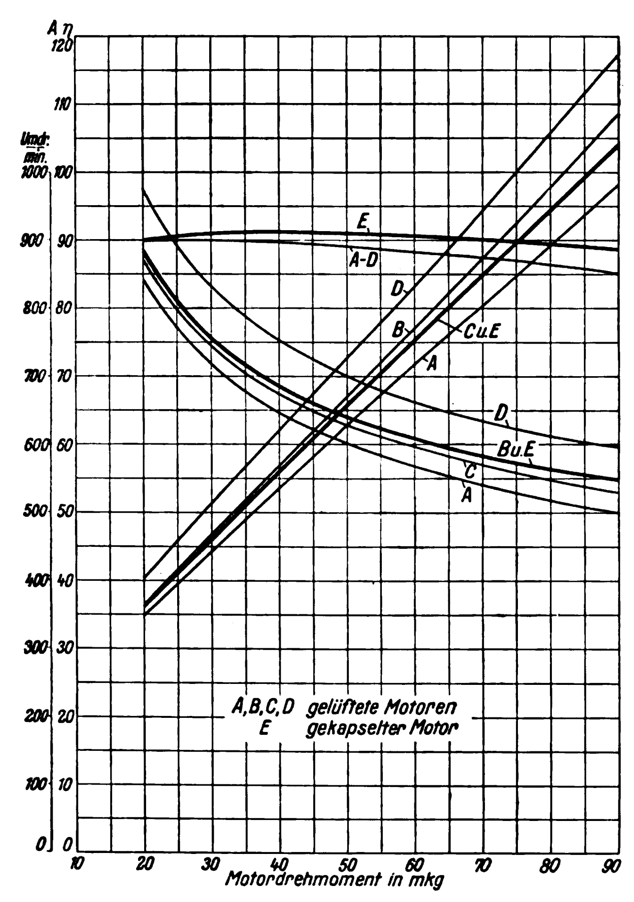


Bild 1. Drehzahl, Strom und Wirkungsgrade bei 550 V.

ordnung, in der sich der Mehrverbrauch bewegen soll, sind irreführend, da einerseits jedermann annimmt, es handle sich um einen nennenswerten Betrag, etwa um 5% oder mehr, andererseits weil die Nachprüfung nicht ganz einfach, zum mindesten aber sehr zeitraubend ist, und darum die Behauptung nicht sofort widerlegt werden kann. Der Einfluß des Motorwirkungsgrades bei Triebmotoren mit Widerstandsschaltung ist keineswegs so leicht zu überblicken als etwa bei ortsfesten Maschinen mit nur wenig schwankender Belastung. Es scheint daher kein unnützes Unternehmen zu sein, der Frage nachzugehen, ihre Richtigkeit zu prüfen und das Ergebnis der Allgemeinheit zugänglich zu machen.

Im Grunde genommen handelt es sich hier um zwei getrennte Behauptungen, nämlich erstens, daß der gelüftete Motor einen schlechteren Wirkungsgrad habe, und zweitens, daß sich dieser in einem nennenswerten Mehrverbrauch an Energie auswirke.

Die erste Behauptung ist verhältnismäßig leicht kontrolliert. Vergleichen wir zwei Motoren gleicher Leistung und gleicher Drehzahl, also Motoren gleicher elektrischer Abmessung, dann unterscheidet sich der gelüftete Motor nur durch das Flügelrad, das die Luftbewegung erzeugt. Dieses Flügelrad bedingt zweifellos einen Mehrverbrauch an Energie. Aber wie groß ist dieser? Gerade über diese Frage gehen die Ansichten vielfach stark auseinander, so daß es gut ist, an einem Beispiel den Mehrverbrauch zu errechnen. Der Betrachtung sei ein Motor von etwa 40 kW Stundenleistung bei einer Drehzahl von etwa 600 Umdr/min zugrunde gelegt. Die bei dieser Drehzahl geförderte Luftmenge wird 70 bis 80 l/s bei einem statischen Druck von 15 bis 20 mm W. S. betragen. Nimmt man den Wirkungsgrad des Lüfters mit Rücksicht auf die Konstruktion für beide Drehrichtungen niedrig an, also etwa mit 30% so ergibt sich als Verbrauch $\frac{75 \cdot 20}{0{,}3 \cdot 100} = 50$ Watt. Dies ist etwa 1% der Gesamtverluste und macht im Motorwirkungsgrad nicht viel mehr aus als $^1/_{10}$%. Zieht man aber in Betracht, daß der gelüftete Motor bei gleicher Leistung wesentlich kälter bleibt und infolgedessen seine Kupferverluste bei warmer Maschine um gut 10% geringer bleiben als die des gekapselten Motors, also etwa um 200 bis 300 Watt, so ist ganz klar, daß unter gleichen Bedingungen der gelüftete Motor den besseren und nicht den schlechteren Wirkungsgrad aufweist.

Man wird nun aber zumeist aus den günstigeren Erwärmungsverhältnissen des Lüftermotors die Konsequenzen ziehen und an Stelle des größeren gekapselten einen kleineren gelüfteten Motor setzen. Dieser kann dann allerdings bei hohen Belastungen einen geringeren Wirkungsgrad aufweisen. Wie sich aus Bild 1 ergibt, ist dies aber durchaus keine direkte Folge der Lüftung, sondern eine Folge der kleineren Abmessungen und des dadurch bedingten größeren inneren Spannungsabfalles. Andernfalls müßten die Wirkungsgradkurven bei hohen Drehzahlen auseinandergehen und bei hohen Lasten konvergieren.

Die zweite Frage betrifft die Auswirkung eines geringeren Wirkungsgrades auf den Energieverbrauch. Diese Frage ist weitaus schwieriger

zu beantworten, weil ein Straßenbahnmotor stets unter dauernd wechselnder Leistungsabgabe arbeitet. Dazu kommt, daß während eines großen Teiles seiner Arbeitszeit Widerstände vorgeschaltet sind, so daß sich sein Wirkungsgrad in jeder Anfahrperiode zwischen 0% bis 90% ändert. Dies ist aber nicht der einzige Grund, der die Auswirkung des Wirkungsgrades verschleiert, es sind vielmehr noch eine Menge anderer Momente vorhanden, welche die Feststellung erschweren. Der Energieverbrauch eines Triebmotors ist noch von einer großen Anzahl anderer Faktoren abhängig. Wir wissen, daß außer dem Rollwiderstand die Haltestellenentfernung, die Reisegeschwindigkeit, die Anfahrbeschleunigung, die Bremsverzögerung, die Form und Lage der Drehzahlkurve und ganz besonders das Übersetzungsverhältnis und die dadurch bedingte Höchstgeschwindigkeit einen hervorragenden Einfluß auf den Wattstundenverbrauch ausüben.

Es würde zu weit führen, die Untersuchung auf alle Kombinationen dieser Faktoren auszudehnen. Hier soll vielmehr für nur eine Haltestellenentfernung, in unserem Fall 300 m, eine mittlere Geschwindigkeit, nämlich 5 m/s bzw. 18 km/h, ferner für 0,4 m/s^2 Beschleunigung und 0,6 m/s^2 Bremsverzögerung bei einem Rollwiderstand von 10 kg/t der Vergleich zwischen einem gekapselten und vier gelüfteten Motoren entsprechender Größe gezogen werden. Das Zuggewicht ist in unserem Fall mit 31 t, der Laufraddurchmesser mit 850 mm gewählt. Als verschieden bzw. veränderlich sollen nur die Stundenleistung, die Drehzahl und das Übersetzungsverhältnis angenommen werden.

Der Fall, daß der gekapselte und der gelüftete Motor gleiche Stundenleistung und gleiche Drehzahl haben, scheidet aus, da er ohne Belang für unsere Untersuchung ist; denn, wie schon eingangs erwähnt wurde, ist in diesem Fall der gelüftete Motor infolge seiner geringeren Erwärmung dem gekapselten überlegen. Außerdem hat ein derartiger Vergleich auch keine praktische Bedeutung, weil in allen vergleichbaren Fällen der gelüftete Motor kleiner sein wird als der ungelüftete. Haben aber nun beide Vergleichsmotoren ungleiche Leistung, dann entsteht sofort die Frage, auf welcher Basis der Vergleich durchgeführt werden soll, d. h., welche

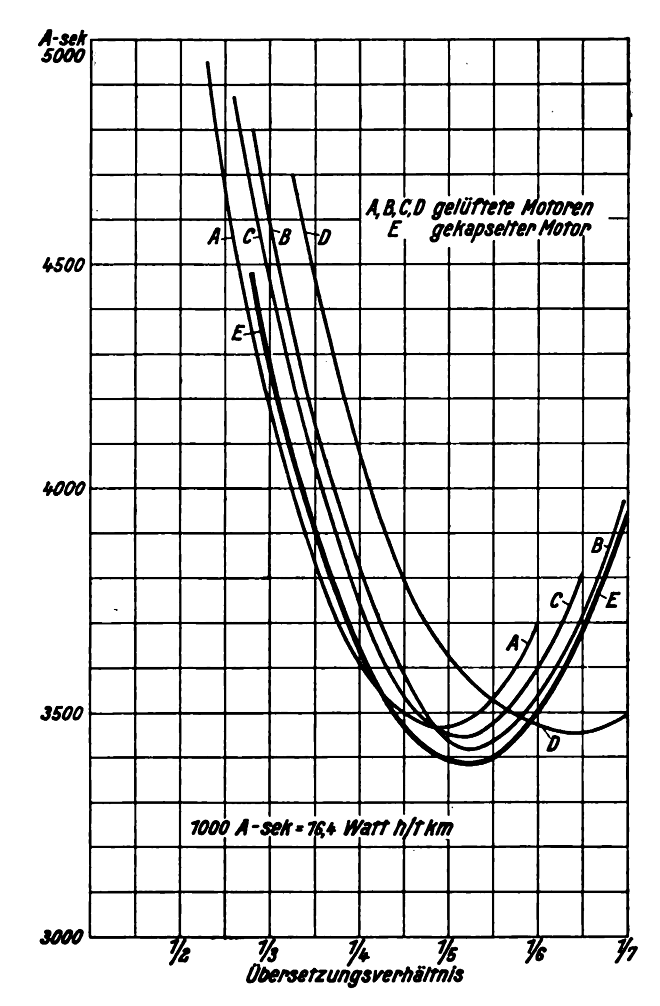


Bild 2. Stromverbrauch bei 31 t Zuggewicht. 300 m Haltestellenentfernung, 18 km/h Geschwindigkeit.

Leistung und Drehzahl der gelüftete Motor haben muß, um mit dem gekapselten verglichen werden zu können. Die Stundenleistung ist eine Frage der Erwärmung. Mit Rücksicht auf den Aussetzbetrieb wird man beim eigengelüfteten Motor nicht bis auf die halbe Stundenleistung gehen dürfen, was unter der Annahme gleicher Dauerleistungen zulässig wäre, sondern man wird je nach den Betriebsverhältnissen einen Motor wählen, der etwa 2/3 oder 3/4 der Stundenleistung des gekapselten Motors hat. Die zugehörige Drehzahl aber steht offen und es gehört gewissermaßen zur Lösung der hier behandelten Fragen, die richtigen Vergleichsdrehzahlen zu ermitteln. Unter den vielen Möglichkeiten scheinen sich drei besonders hervorzuheben.

A. Die Vergleichsmotoren haben bei ihren Stundenleistungen die gleiche Drehzahl, also,

weil ihre Stundenleistungen verschieden sind, bei gleicher Drehzahl ungleiche Drehmomente (Kurve A und E, Bild 1).

B. Die Motoren haben bei gleicher Drehzahl gleiche Drehmomente, das bedeutet: der gelüftete Motor hat bei seiner Stundenleistung eine höhere Drehzahl als der Kapselmotor (Kurve B und E).

C. Die Vergleichsmotoren haben gleiche Stromaufnahme bei gleichen Drehmomenten, d. h., der kleinere gelüftete Motor hat entsprechend seinem größeren inneren Spannungsabfall eine etwas kleinere Drehzahl als der gekapselte (Kurve C und E).

Bild 1 zeigt die Motorkennlinien für die genannten 3 Fälle. Die stark gezeichneten Linien sind gleichzeitig die Kennlinien E des gekapselten Motors, dessen Drehzahllinien der Annahme entsprechend mit Linie B und dessen Stromlinie mit Linie C zusammenfallen muß. Für alle diese Fälle ist die Energieaufnahme bei verschiedenen Übersetzungen ermittelt und mit derjenigen des Kapselmotors verglichen. Bild 2 stellt den Energieverbrauch der Motoren abhängig vom Übersetzungsverhältnis dar. Um das Bild zu ergänzen, ist noch die gleiche Untersuchung auf einen etwas schneller laufenden Motor ausgedehnt. Die Leistungsdaten der 5 Vergleichsmotoren sind:

A. Gelüfteter Motor:
37 kW, 77 A, 550 Umdr/min, 65,5 mkg, KB 60 min.

B. Gelüfteter Motor:
37 kW, 77 A, 615 Umdr/min, 58,5 mkg, KB 60 min.

C. Gelüfteter Motor:
37 kW, 77 A, 592 Umdr/min, 61,5 mkg, KB 60 min.

D. Gelüfteter Motor:
39,5 kW, 82 A, 675 Umdr/min, 57,0 mkg, KB 60 min.

E. Gekapselter Motor:
51 kW, 104 A, 550 Umdr/min, 90,0 mkg, KB 60 min.

Es muß noch erwähnt werden, daß für den Wirkungsgrad des Kapselmotors ein guter Normalwert gewählt wurde, während die Wirkungsgrade der gelüfteten Motoren mit Absicht niedrig gehalten wurden.

Es wurde dies gemacht, um den Einfluß des Wirkungsgrades stärker in Erscheinung treten zu lassen, da von vornherein zu erwarten war, daß sonst der Unterschied zu gering ausfallen würde.

Bild 2 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung. Es ist nicht Zweck dieser Arbeit, die Kurven zu analysieren, vielmehr sollen sie nur dazu dienen, den Einfluß des Wirkungsgrades auf den Stromverbrauch besser übersehen zu können. Unter diesem Gesichtspunkt soll nur auf zwei besonders markante Punkte der Verlustlinien hingewiesen werden.

Die Endpunkte links geben die Energieaufnahme bei reiner Widerstandsschaltung an. Das bedeutet: das Übersetzungsverhältnis ist so gewählt, daß nach Abschaltung des letzten Widerstandes der Strom abgeschaltet werden muß. Diese Punkte haben keine besondere praktische Bedeutung, doch sind sie leicht zu ermitteln und geben einen guten Anhalt für die Konstruktion der Linien.

Die korrespondierenden Werte der kleinsten Übersetzung, d. i. derjenigen Übersetzung, bei der sofort nach der Beschleunigungsperiode mit der Bremsung begonnen werden muß, sind hier nicht eingetragen, da sie für die Beantwortung der aufgeworfenen Frage belanglos sind und ihre Bestimmung zeitraubend ist.

Wichtig dagegen sind die Scheitelpunkte, weil sie das wirtschaftlichste Übersetzungsverhältnis angeben und auch als Vergleichspunkte gut geeignet sind.

So zeigt beispielsweise der gelüftete Motor B im Scheitelpunkt einen Mehrverbrauch von etwa 40 Wattsekunden gegenüber dem gekapselten. Das ist ein Mehrverbrauch von 1,2 %. Berücksichtigt man aber, daß die gelüfteten Motoren kleiner und leichter sind als der gekapselte Motor und daß dieser Unterschied etwa 1,5 bis 2 % des gesamten Zuggewichtes ausmachen kann, so ergibt sich, daß der Energieverbrauch der gelüfteten Motoren eher geringer als größer eingesetzt werden darf.

Für die Wahl zwischen gelüfteten und ungelüfteten Motoren können also lediglich andere Gesichtspunkte ausschlaggebend sein. Im Energieverbrauch ist der gelüftete Motor dem gekapselten mindestens gleichwertig.

Kabel für Musikübertragung
(Rundfunkübertragung)

Von Dr. W. Rihl, Abt. für Schwachstromkabel (SK2) der Siemens & Halske A.-G.

In der neuesten Zeit tritt infolge der Entwicklung des Rundfunks an den Fernmeldetechniker häufig die Frage heran, welche Art von Leitungen zur Übertragung von Musik zweckmäßigerweise zu wählen ist, sei es, daß es sich um eine gewünschte Opernübertragung über Fernmeldeleitungen oder um die Musikübertragung für den Rundfunk vom Aufnahmeraum zum Rundfunksender handelt.

Unter Umständen verlangt man hierbei eine Übertragung auf große Entfernungen bis zu mehreren hundert Kilometern. Die Schwierigkeit der Aufgabe liegt hierbei darin, daß bei der Musikübertragung ein großer Frequenzbereich zu übermitteln ist. Während man für die Sprachübertragung im allgemeinen mit einem Frequenzbereich von etwa 500 bis 2500 Hertz ausreicht, genügt dies für die Musikübertragung wegen der hohen Obertöne, die zur richtigen Übermittlung der Klangfarbe eines Musikinstrumentes außerordentlich wichtig sind, bei weitem nicht.

K. W. Wagner[1]) geht in seiner Mitteilung „Der Frequenzbereich von Sprache und Musik" näher auf diese Fragen ein. Man muß demgemäß für eine gute Musikübertragung fordern, daß Frequenzen bis zu etwa 10000 Hertz noch übermittelt werden.

Es handelt sich also in erster Linie darum, Leitungen zu verwenden, die in dem genannten großen Frequenzbereich möglichst verzerrungsfrei sind, die also eine möglichst geringe Zunahme der Dämpfungskonstante mit wachsender Frequenz aufweisen. Bei einem gewöhnlichen nicht pupinisierten Kabel mit beispielsweise 2 mm Leiterdurchmesser wächst die Dämpfung von der Frequenz 800 Hertz bis 10000 Hertz auf das etwa $3^1/_2$fache an. Die hohen Frequenzen werden also sehr viel stärker gedämpft als die niederen, so daß die höheren Töne stark unterdrückt und die tiefen Töne stark bevorzugt werden. Bei Bronzefreileitungen würde eine solche Verzerrungsgefahr nicht bestehen. Diese würden sich also an und für sich gut für Musikübertragung eignen, aber einmal sind Freileitungen sehr empfindlich gegenüber atmosphärischen Störungen und anderen äußeren Beeinflussungen, z. B. durch Hochspannungsleitungen, und zweitens sind sie gerade in Städten nicht ausführbar, so daß, wenigstens innerhalb der Städte, die Übertragung allein durch Kabel möglich ist.

Man hat die Verwendung von Krarupkabeln, das sind Kabel mit einer gleichmäßigen induktiven Belastung, die durch Bespinnen des Kupferleiters mit Eisendraht bewirkt wird, vorgeschlagen, und in der Tat sind, wenigstens in der unteren Hälfte des oben angegebenen Frequenzbereiches, Krarupkabel hinsichtlich der Verzerrung günstiger als gewöhnliche Kabel, wie aus Bild 1 näher ersichtlich ist. Auf ihm ist der Verlauf der

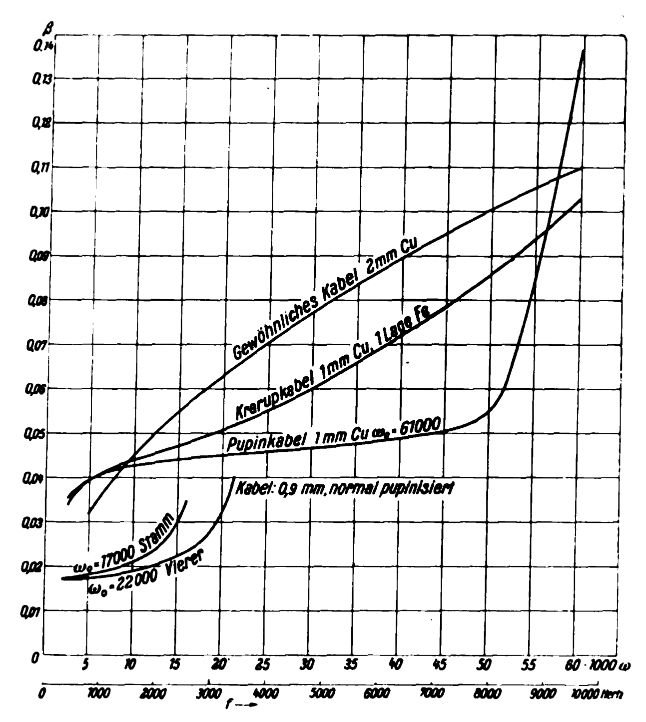


Bild 1. Dämpfungskurven für Rundfunkkabel.

Dämpfungskurve in Abhängigkeit von der Frequenz ω für ein unpupinisiertes Kabel mit 2 mm Kupferleiter und für ein Krarup-

[1]) ETZ. 1924. 451.

kabel mit 1 mm Kupferleiter, mit einer Lage Eisen besponnen, dargestellt. Betrachtet man jedoch den ganzen Frequenzbereich von 800 bis 10 000 Hertz, so ist kein erheblicher Gewinn hinsichtlich der Verzerrung für das Krarupkabel zu buchen, auch ist sowohl für das gewöhnliche Kabel als für das Krarupkabel die Dämpfung für die höheren Frequenzen außerordentlich hoch.

Es gibt jedoch ein Mittel, Kabel mit einer außerordentlich geringen Verzerrung über einen sehr großen Frequenzbereich zu schaffen, und zwar bietet sich dieses Mittel in einer entsprechend gewählten Pupinisierung des Kabels. Wenn man ein Kabel außerordentlich leicht mit Pupinspulen belastet, so ergibt sich ein Dämpfungsverlauf in Abhängigkeit von der Frequenz, wie er in dem Bild für ein leichtpupinisiertes Kabel mit 1 mm Kupferleiter, dessen Grenzfrequenz $\omega_0 = 61\,000$ beträgt (entsprechend etwa 9700 Hertz), dargestellt ist.

Es ist aus der Kurve ersichtlich, daß die Verzerrung zwischen 800 Hertz und 8000 Hertz außerordentlich klein ist, verglichen mit der Verzerrung des gewöhnlichen Kabels und des Krarupkabels, und daß auch in dem genannten Frequenzbereich der absolute Betrag der Dämpfungskonstante innerhalb erträglicher Grenzen bleibt. Die Höhe der Dämpfungskonstante an sich spielt ja keine so große Rolle, weil man jederzeit durch Verstärker die Möglichkeit hat, eine genügende Tonstärke zu erzielen.

Zum Vergleich ist auf dem Bild noch der Dämpfungsverlauf einer normal belasteten 0,9 mm-Doppelleitung und einer 0,9 mm-Viererleitung des deutschen Fernkabels gezeichnet. Bei dieser normalen Belastung, die durch Pupinspulen mit 0,2 H Induktivität in den Stammkreisen und 0,07 H Induktivität in der Viererleitung in Abständen von je 2 km bewirkt wird, beträgt die Grenzfrequenz, d. h. diejenige Frequenz, über die hinaus praktisch keine Übertragung mehr stattfindet, etwa 2700 Hertz für die Stammleitung und 3500 Hertz für die Viererleitung. Man bemerkt beim Vergleich dieser Kurven mit der Kurve des leicht pupinisierten Pupinkabels mit einer Grenzfrequenz von 9700 Hertz sofort den großen Gewinn hinsichtlich der Verzerrung, der das leichtpupinisierte Kabel zur bestgeeigneten Leitungsart für Musikübertragung macht.

Auf Grund dieser Erkenntnis hat sich das Deutsche Reichspostministerium entschlossen, in seinem gesamten Fernkabelnetz, zunächst auf den wichtigsten Strecken, durch entsprechend leichte Pupinisierung Leitungen für Musikübertragung zu schaffen. Wegen der hohen erforderlichen Verstärkung ist die Nebensprechgefahr für diese Leitungen besonders groß. Man hat sich daher entschieden, den im Innern des deutschen Normalfernkabels unter einem besonderen 1 mm starken Bleimantel liegenden Kernvierer für die Musikübertragung auszunutzen. Der Kernbleimantel, der ursprünglich nur den Zweck hatte, für den Fall einer Verletzung des äußeren Bleimantels noch einen sicheren Schutz der in seinem Innern befindlichen Leitungen zu gewähren, so daß jederzeit unversehrte Meßleitungen zur Verfügung stehen, dient nunmehr gleichzeitig bei der Musikübertragung als elektrostatischer Schutz zwischen dem Kernvierer und den außen liegenden Sprechkreisen.

Das Deutsche Reichspostministerium hat sich entschlossen, die beiden Stammleitungen des Kernvierers als Not- und Meßleitungen für den Störungsdienst beizubehalten und die Viererleitung des Kernvierers auf eine Grenzfrequenz von etwa 10000 Hertz zu pupinisieren und für Musikübertragung zu verwenden.

In Bayern beabsichtigt man eine etwas andere Lösung; das Telegraphen-Konstruktionsamt München hat nämlich vor, die beiden Stammleitungen des Kernvierers leicht zu pupinisieren, um somit zwei Musikübertragungsleitungen gleichzeitig zur Verfügung zu haben. Man kann mit dieser Anordnung den stereoakustischen Effekt ausnutzen und gewinnt den Vorteil, eine in gewissem Sinne räumlich plastische Art des Hörens zu erzielen. Die Viererleitung des Kernvierers würde in Bayern die normale Pupinisierung für den Sprechverkehr behalten.

Auch in Österreich hat man sich neuerdings entschlossen, für die Rundfunkübertragung leichtpupinisierte Kabel zu verwenden, und sicherlich werden andere Länder bald folgen, so daß in kurzer Zeit die neuen, leicht pupinisierten Leitungen für die Musikübertragung zur Verfügung stehen werden.

Über ein hochempfindliches Erdschlußrelais zum Erfassen von Erdschlüssen kürzester Dauer

Von Oberingenieur Wilhelm Gaarz und Dr. Joachim Sorge, Meßinstr.-Abt. der Siemens & Halske A.-G.

Kurzzeitige Erdschlüsse. In großen Überlandnetzen mit Löscheinrichtungen ist man in letzter Zeit vielfach dazu übergegangen, im Netz auftretende Erdschlüsse nicht sofort abzuschalten, sondern nur die gestörte Leitung zu signalisieren. Einwandfrei arbeitende Einrichtungen zum selektiven Signalisieren von Dauererdschlüssen sind bereits seit längerer Zeit bekannt[1]). Es hat sich nun im Betrieb gezeigt, daß sich Dauererdschlüsse oft schon lange Zeit vorher durch ganz kurzzeitige Überschläge gegen Erde bemerkbar machen. Die Ursache dieser Überschläge, die man wegen ihrer kurzen Dauer als „Wischer" bezeichnet, kann verschiedener Art sein; so ist es z. B. möglich, daß sie durch plötzlich auftretende hohe Überspannungen oder durch beschädigte Isolatoren verursacht sind. Unabhängig von der Art der Entstehung werden sie stets darauf hinweisen, daß der Isolationszustand des Netzes gefährdet ist. Ein Anzeigen dieser Wischer derart, daß der Ort der schadhaften Stelle auf den Bereich eines Stationsabstandes festgelegt wird, bringt den großen Vorteil, daß vorbeugende Betriebsmaßnahmen getroffen werden können; z. B. läßt sich ein Dauererdschluß durch rechtzeitiges Absuchen der gekennzeichneten Strecke und Auswechseln eines kranken Isolators häufig vermeiden. Die Anregung, ein solches Relais zu bauen, wurde schon von verschiedenen Seiten gegeben. Die Betriebserfahrungen des Bayernwerks deuteten ganz besonders auf die Notwendigkeit hin, ein solches Relais zu schaffen.

Anforderungen an Relais und Stromwandler zum Signalisieren kurzzeitiger Erdschlüsse. Dem Bau eines Relais, das diese kurzzeitigen Erdschlüsse selektiv erfaßt, standen zahlreiche Schwierigkeiten entgegen. Über die Dauer eines Wischers war nichts bekannt, man mußte sie von vornherein als außerordentlich kurz (1 bis 2 Perioden) annehmen. Erforderlich war infolgedessen ein Relais, das ähnlich einem ballistischen Galvanometer auf einen momentanen Stoß, dessen Dauer nur einige Millisekunden beträgt, sicher anspricht; eine Dämpfung hat man also zu vermeiden. Ferner ist ein Relais von höchster Empfindlichkeit nötig, da der Erdschlußstrom infolge der Löscheinrichtungen und der hohen Wandlerübersetzung sekundär oft nur in der Größenordnung einiger Milliampere liegt. Da das Relais zur Angabe des Fehlerortes richtungsempfindlich sein muß, war auch noch ein Punkt zu beachten, der für das zuverlässige Arbeiten des Relais von großer Bedeutung ist, nämlich die Wahl der Wandler, die in der bekannten Disymmetrieschaltung die geometrische Summe der Ströme liefern.

Die Disymmetrieschaltung (Bild 2a) hat bekanntlich zur Grundlage, daß normalerweise die Summe der 3 Ströme in den 3 Leitern in jedem Augenblick Null ist. Tritt ein Erdschluß ein, so ist die Stromsumme nicht mehr Null. Die Löscheinrichtungen erzeugen einen dem voreilenden Erdschlußstrom ungefähr gleichen, jedoch in Phasenopposition stehenden, nacheilenden Kompensationsstrom. Es bleibt ein

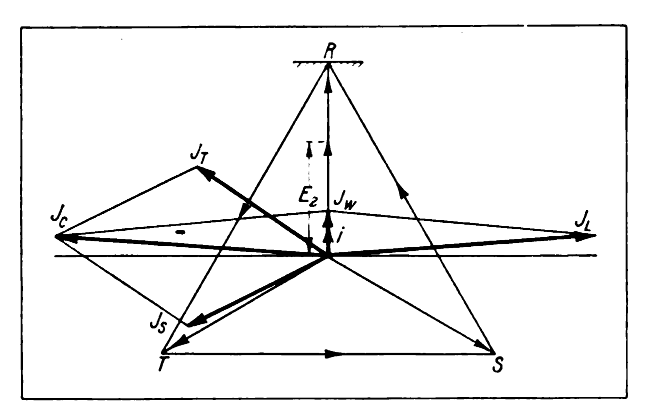


Bild 1. Diagramm des Erdschlußstromes für Netze mit Löscheinrichtung.

J_C: Erdschlußkapazitätsstrom in den Phasen S und T.
J_L: Strom in der Löscheinrichtung.
J_W: Wirksame Wattkomponente für das Erdschlußrelais.
E_2: Spannung am Erdschlußrelais.
i: Strom in der Spannungsspule des Erdschlußrelais.

Reststrom, dessen Wattkomponente für die Betätigung der Relais benutzt wird. Die Lage der Vektoren ist aus Bild 1 ersichtlich.

[1]) W. Gaarz/Dr. Schleicher: Die betriebsmäßige Erdschlußüberwachung und ihre Einrichtungen. Siemens-Zeitschrift 1923, Heft 11.

Jeder der in den verschiedenen Stationen des Netzes verteilten Löscher sendet seinen Watt-Reststrom in die Erdschlußstelle. Die Stromverteilung der Wattströme im ganzen Netz hängt von den Impedanzen der einzelnen Leitungen ab.

Bei der Bemessung der Stromwandler, die als sogenannte Durchführungswandler ausgebildet sind, ist zu beachten, daß unter Umständen nur einer der drei parallel geschalteten Wandler vom Reststrom durchflossen wird und als Energiequelle zur Betätigung des E-Relais anzusehen ist. Er muß hierbei außerdem noch den Strom aufbringen, der für die beiden dem E-Relais parallel geschalteten sekundären Wandler-Wicklungen erforderlich ist. Über die Lage der Vektoren und Verteilung der Ströme gibt Bild 2 Aufschluß.

Bei zu hohen Sättigungen der Eisenkerne werden die hierfür notwendigen, vom Primärstrom aufzubringenden, sekundären Leerlaufströme so groß, daß die Empfindlichkeit der Anordnung erheblich sinkt. Die Sättigung tritt ein bei zu kleinen Eisenquerschnitten der Wandler oder zu großer Impedanz der Stromspulen des Erdschlußrelais. Daher genügt es nicht, allein die Stromempfindlichkeit des Erdschlußrelais anzugeben, wie dies oft geschieht, sondern es muß gleichzeitig seine Impedanz bekannt sein, will man ein Maß für die Empfindlichkeit der gesamten Anordnung erhalten. Man kann durch passende Wahl des Verhältnisses von Wandlerimpedanz zu Relaisimpedanz eine besonders hohe Ansprechempfindlichkeit erzielen. Besonders muß auch auf die genaue Abgleichung des Übersetzungsverhältnisses der Stromwandler geachtet werden. Weicht beispielsweise das Übersetzungsverhältnis eines Wandlers von dem der beiden anderen parallel liegenden um nur 1% ab, so ist das E-Relais schon betriebsmäßig, also ohne daß ein Erdschluß vorliegt, von einem Strom durchflossen, der zunächst, da ja die Nullspannung am Relais fehlt, kein Ansprechen des Relais verursacht. Beim Einsetzen eines Erdschlusses mit dem nun auftretenden, von der Wattkomponente erzeugten Strom werden sich jedoch beide, je nach Phasenlage, geometrisch zusammensetzen und können dann ein fehlerhaftes Ansprechen des E-Relais herbeiführen. Dasselbe gilt von Kurzschlußwindungen in der sekundären Wicklung der Stromwandler. Auch auf möglichst gleiche Länge der Verbindungsleitungen der Stromwandler ist Wert zu legen. Diese sind als Belastungen für die Stromwandler anzusehen und würden, wenn die Längen sehr voneinander abweichen, wiederum Ausgleichströme in der Stromwicklung der E-Relais zur Folge haben.

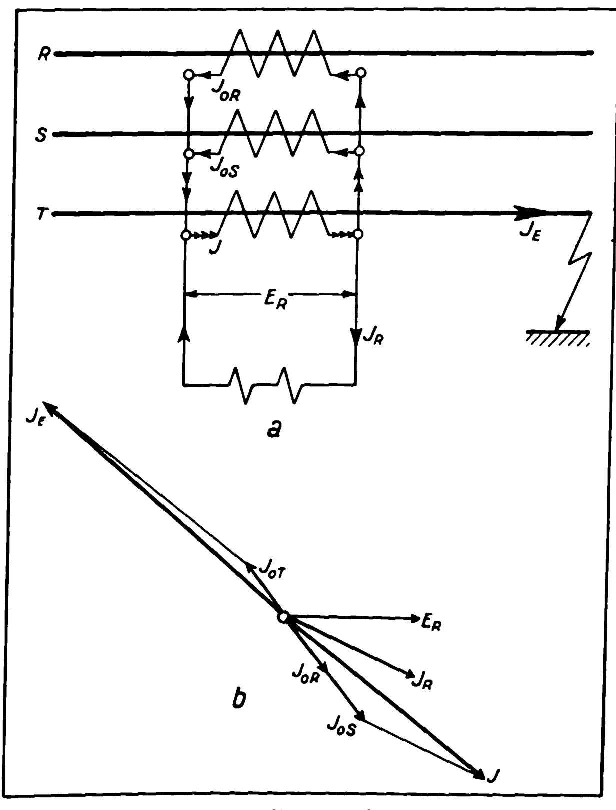


Bild 2. Ströme in Wandlern und Relais bei Erdschluß.

E_R: Spannung an der Stromspule des Relais.
J_R: Relaisstrom.
J_{oR}, J_{oS}, J_{oT}: Leerlaufströme.
J: sek. Erdschlußstrom.
J_E: prim. Erdschlußstrom.

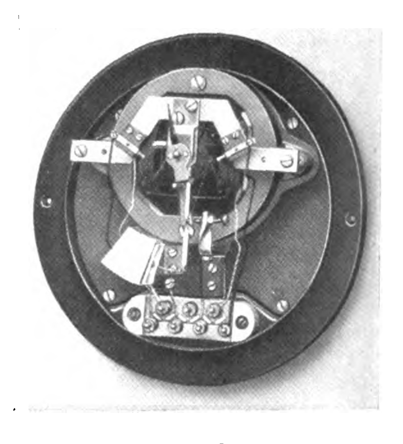


Bild 3. Erdschlußrelais zum Erfassen kurzzeitiger Erdschlüsse.

Ausführung der Relais. Die Ausführung des „Wischerrelais" zeigt Bild 3. Das Relais beruht auf dem dynamometrischen Prinzip, ist also richtungsempfindlich. Seine Empfindlichkeit beträgt etwa 5 mA, die Stromspule hat eine

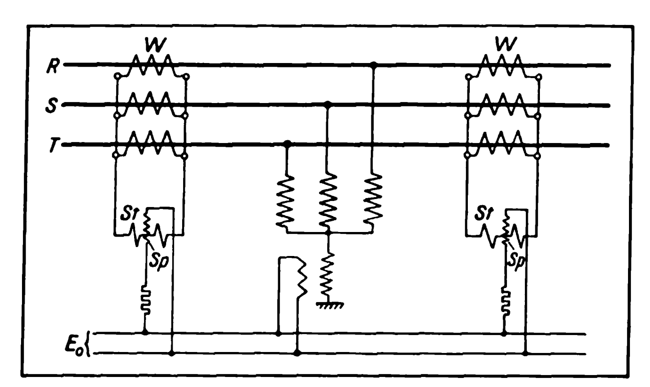


Bild 4. Anschluß der Erdschlußrelais in einer Station.
Eo: Nullpunktspannung. W: Wandler. St: Stromspule, Sp: Spannungsspule des E-Relais.

Impedanz von 2 Ohm. Das Relais hat also bei der Ansprechstromstärke in der Stromwicklung den außerordentlich geringen Wattverbrauch von 0,00005 Watt. Die Stromspulen sind so bemessen, daß sie 5 A, den Nennstrom der Stromwandler, dauernd aushalten. Außerdem sind sie kurzschlußfest, damit sie bei einem auftretenden Doppelerdschluß den Kurzschluß so lange ertragen, bis der Kurzschlußschutz den Fehler beseitigt hat. Bei Erdschlüssen von nur einer Periode Dauer spricht das Relais sicher an. Da das bewegliche System ungedämpft sein muß, liegt zunächst die Gefahr vor, daß bei Erdschlüssen, die im Relais einen Ausschlag in entgegengesetzter Richtung der Kontaktgabe hervorrufen, durch Prellungen und Rückschläge fälschlich eine Kontaktgabe herbeigeführt wird. Dies ist bei dem E-Relais dadurch vermieden, daß es in Richtung der Kontaktgabe ungedämpft, in entgegengesetzter Richtung jedoch gedämpft ist. Der an dem Kontakthebel angebrachte Dämpfungsflügel taucht nur bei einer Bewegung entgegen dem Kontakt in eine Dämpfung, der Stoß wird aufgefangen, und das Instrument kann sich stoßfrei wieder in seine Ruhelage einstellen. Den Anschluß der Relais in einer Station an Stromwandler und Nullpunktspannung zeigt Bild 4. Die Nullspannung gegen Erde für die Spannungsspule des Relais kann den Löscheinrichtungen, die mit einer sekundären Wicklung ausgerüstet sind, entnommen werden. Dort, wo keine Löscher aufgestellt sind, wird zwischen dem Sternpunkt des Hauptleistungstransformators und Erde ein Spannungswandler angeschlossen, dessen sekundäre Spule dem E-Relais die erforderliche Nullspannung gegen Erde zuführt.

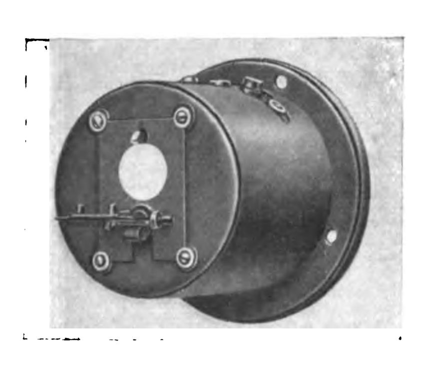


Bild 5. Fallklappe zur Anzeige der fehlerhaften Strecke.

Das Relais betätigt die als Anzeigevorrichtung dienende Fallklappe (Bild 5); sie wird vom Relais getrennt ausgeführt und läßt sich infolgedessen im Bedienungsraum anbringen. Durch das Fallen der Klappe kann eine Klingel betätigt werden, wodurch vermieden wird, daß man das Ansprechen der Relais erst nach geraumer Zeit bemerkt.

Verhalten des Relais im Betrieb. Das Bayernwerk[1]) hat Versuche über die Art und Dauer der Wischer angestellt, und es wurden zunächst probeweise die 6 Ringstationen mit dem Wischerrelais besetzt, d. h. insgesamt 12 Relais eingebaut.

Im Laboratorium waren an Hand eines aus Ohmschen Widerständen gebildeten Netzmodells, das die Lage und Größe der Löscher genau wiedergab, Größe und Richtung des Erdschlußstromes bei den verschiedensten Fehlerstellen ermittelt. Theoretische Erwägungen zeigen, daß

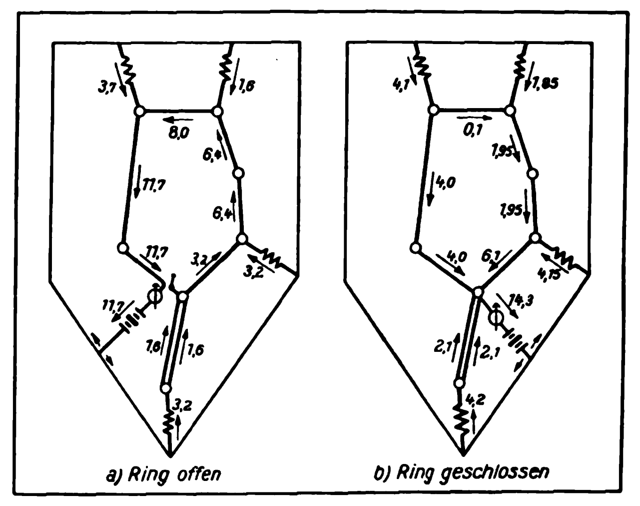


Bild 6. Netzmodell des Bayernwerkes zur Ermittlung von Größe und Richtung der Erdschlußströme.

[1]) Vgl. Dr.-Ing. R. Arnold und Dipl.-Ing. P. Bernett: Beitrag zur Erdschlußfrage in Hochvoltnetzen. ETZ. 46, S. 1263, 1925.

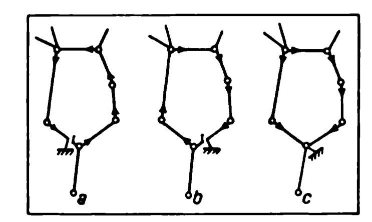


Bild 7. Signalisierung der Erdschlußstelle im offenen und geschlossenen Ring.

sich der Erdschlußstrom dem Betriebsstrom überlagert, man kann ihn also von diesem vollkommen trennen[1]). Daher darf im Netzmodell die Erdschlußstelle durch eine Stromquelle ersetzt werden; die Stromverteilung ist dann ganz entsprechend der Verteilung des Erdschlußstromes im Netz. Bild 6a zeigt dies z. B. bei offenem und 6b bei geschlossenem Ring, wenn der Erdschluß in Karlsfeld liegt.

Es wurde festgestellt, daß, gleichgültig wo der Fehler liegt, der Erdschlußstrom stets groß genug war, das Relais zum Ansprechen zu bringen, und daß die Richtung des Stromes immer eine eindeutige Feststellung des Fehlerortes zuließ. Bei einem Erdschluß fallen die Klappen nicht nur auf den beiden Stationen, die an der Fehlerstelle liegen, sondern überall dort, wo der Reststrom der Löscheinrichtungen fließt. Da die Klappen stets auf die Fehlerstelle hinzeigen, muß diese zwischen den beiden Stationen liegen, deren Klappen gegeneinander weisen. Bei einem Erdschluß an der Sammelschiene einer Station fällt auf dieser gar keine Klappe, und die benachbarten Stationen weisen darauf hin. Bei einem Erdschluß am Ende einer Stichleitung sind alle Klappen auf den Endpunkt gerichtet.

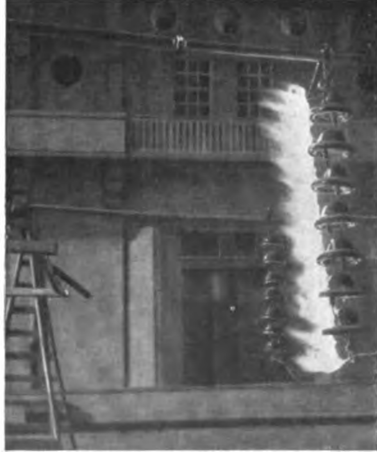



Bild 8. Photographische Aufnahmen der Wischer.

[1]) R. Bauch: Siemens-Zeitschrift, Jahrgang 1. 1921. Heft 8.

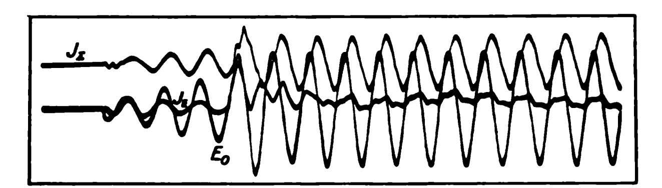


Bild 9. Oszillogramm eines Dauererdschlusses.

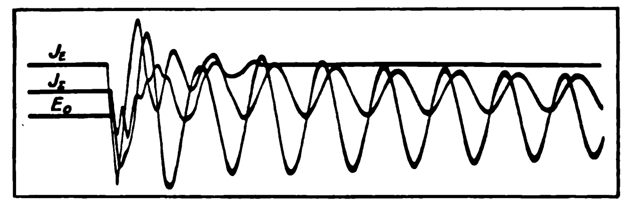


Bild 10. Oszillogramm eines Wischers.

J_E: Erdschlußstrom. J_Σ: Summenstrom. E_0: Nullpunktspannung.

Bei den Versuchen im Bayernwerk wurden die Erdschlüsse in Karlsfeld herbeigeführt. Es konnten nicht nur Erdschlüsse von etwa 1—2 s Dauer mit einer festen Erdverbindung hergestellt werden, sondern auch sogenannte „Wischer". Diese wurden in der Weise nachgeahmt, daß ein möglichst dünner Draht längs einer siebenteiligen Isolatorenkette zwischen Phase und Erde geworfen wurde. Zunächst wurde die richtige Polung der Erdschlußrelais bei geöffnetem Ring durch zwei feste Erdschlüsse geprüft. Die Erdschlußrelais waren so geschaltet, daß die Kontaktgabe dann erfolgte, wenn der Erdschlußstrom von den Sammelschienen fortgerichtet war. Die signalisierenden Klappen fielen gemäß Bild 7a und b, sie zeigten stets auf die Fehlerstelle zu. Bei derselben Schaltung des Ringes erfolgte die Anzeige in gleicher Weise auch bei einem Wischer. Da die auf die Relais wirkenden Erdschlußströme bei geschlossenem Ring am kleinsten sind (Bild 6), wurden auch bei dieser Schaltung Wischer hervorgerufen; die Anzeige der Klappen entsprach genau der experimentell ermittelten Stromrichtung (Bild 7c). Das Anzeigen des Fehlerortes war unabhängig von der Speisung des Netzes. Die Versuche wurden bei verschiedenen Betriebszuständen vorgenommen, bei Energielieferung von ein, zwei und drei Punkten aus, die Richtung des Erdschlußstromes wurde jedoch dadurch nicht



beeinflußt. Photographische Darstellungen der Wischer zeigt Bild 8.

Gleichzeitig wurden von den Vorgängen Oszillogramme aufgenommen. Bild 9 stellt einen Erdschluß mit fester Erdverbindung dar, der mit einem Ölschalter auf das Netz geschaltet wurde, Bild 10 einen Wischer.

Die Oszillogramme zeigen den Erdschlußstrom J_E, der unmittelbar mit Nebenwiderstand gemessen wurde, den durch das Relais fließenden Summenstrom J_{Σ} und die Nullpunktspannung E_0. Wie aus Bild 10 ersichtlich ist, beträgt die Dauer eines Wischers etwa 2 Perioden; man konnte, auch mit den dünnsten Drähten, nicht unter diese Zeit kommen. Es ist jedoch nicht unmöglich, daß die im Betrieb auftretenden kurzzeitigen Überschläge von noch geringerer Dauer sind.

Wir möchten dem Bayernwerk unsern Dank aussprechen, daß es uns Gelegenheit gab, die im ganzen Netz verteilten Relais an Ort und Stelle auszuprobieren. Der Umstand, daß die Versuche ohne jede nachteiligen Folgen für das Netz waren, dürfte vielleicht auch andere Werke anregen, in der Schutzfrage mit den Großfirmen enger zusammenzuarbeiten, denn die vorliegende Arbeit zeigt, daß solche Versuche bei sachkundiger Vorbereitung von Erfolgen begleitet sind.

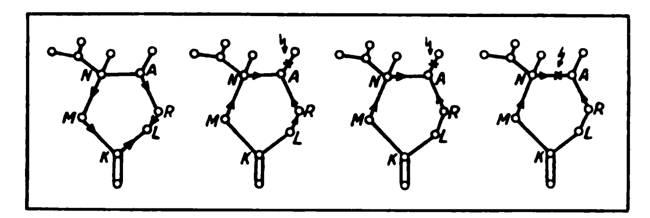


Bild 11. Beobachtete Erdschlüsse im Bayernwerk.

a) 2. 7. 25. Fehlerstelle nicht ermittelt. Vermutlich Leitung München (K)—Landshut (L). Relais Landshut nach München war außer Betrieb.
b) 16. 7. 25. Frdschluß bei Gewitter auf Leitung Amberg (A)—Arnsberg.
c) 16. 7. 25. Wischer auf derselben Strecke, wahrscheinlich infolge eines Blitzschlages.
d) 17. 7. 25. Erdschluß auf der Strecke Amberg (A)—Nürnberg (N). Relais in Amberg nach Nürnberg war abgeschaltet.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß man durch das vorstehend beschriebene Erdschlußrelais in der Lage ist, Erdschlüsse, die ohne dieses Hilfsmittel wegen ihrer geringen Dauer unbemerkt bleiben würden, selektiv zu signalisieren, wodurch ein besserer Einblick in den Isolationszustand des Netzes gewonnen werden kann.

Inzwischen ist das Relaissystem auch im praktischen Betriebe bei eintretenden Erdschlüssen im Netz mit gutem Erfolg erprobt worden. Die Anzeige der Relais bei einigen dieser Störungen zeigt Bild 11. Auf Grund dieser günstigen Betriebsergebnisse wurde beschlossen auch die Speise- und Stichleitungen der einzelnen Schaltstationen mit Erdschlußrelais zu besetzen.

Die Wasserkraftanlage Wilhelmsthal an der Lenne

Von L. Reichard, Oberingenieur der Wasserkraft-Abteilung der SSW.

Die Firma Carl Berg A.-G., Werdohl, die in Wilhelmsthal an der Lenne ein Kupfer-Elektrolysenwerk betreibt, übertrug Ende 1920 den SSW die Projektierung und die Konzessionsbearbeitung der zu diesem Werk gehörigen Wasserkraft, welche sowohl die zur Verfügung stehende Wassermenge als auch das erreichbare Gefälle nur sehr unvollkommen ausnutzte. Die im Jahre 1912 eingebauten Turbinen ergaben bei einem Gefälle von 2 m und einem Wasserverbrauch von zusammen 13 m³/s eine Höchstleistung von 260 PS bei einer möglichen Jahresarbeit von 1,155 Millionen kWh.

Durch Erhöhung des Staues von 172,5 m ü. NN auf 174,0, ferner durch Ausnützung des Gefälles im Untergraben und Vertiefung der Lenne unterhalb der Untergrabenmündung auf eine Strecke von etwa 150 m war es möglich, das Gefälle bei Kleinwasserführung auf 4,5 m und bei mittlerer Wasserführung auf 3,65 m zu steigern.

Bild 1 zeigt den Lageplan der alten und der neuen Wasserkraftanlage. Wie hieraus zu ersehen ist, waren bei der alten Anlage Ober- und Untergraben je etwa 400 m lang.

Um für eine später bei Werdohl zu errichtende Akkumulierungsanlage das erforderliche Ausgleichbecken zu erhalten, wurde ein möglichst großer Stauinhalt bei Werdohl angestrebt und zu diesem Zwecke das neue Wehr 300 m wasserabwärts gelegt, so daß der bisherige Obergraben um dieses Maß verkürzt wurde (Bild 1).

Um das im alten Untergraben vorhandene Gefälle nutzbar machen zu können, hätte dieser zur Erreichung des erforderlichen Querschnittes

für die auf das 3,5 fache erhöhte Betriebswassermenge bedeutend vertieft und verbreitert werden müssen. Die Vertiefung war wegen der hohen Kosten (Felsuntergrund) und die Verbreiterung wegen der dicht benachbarten Provinzialstraße und des zu schonenden Fabrikgeländes nicht möglich. Daher wurde von den SSW vorgeschlagen, das neue Kraftwerk 370 m abwärts am Ende des bestehenden Untergrabens anzuordnen und diesen als Obergraben auszubilden. Die Zu- und Ablauf-Querschnitte der beiden vorhandenen Turbinenkammern genügten nach Entfernung einer Gebäudewand gerade noch für den Durchfluß der größten, jemals in Frage kommenden Betriebswassermenge von etwa 45 m³/s. — Der vorhandene Untergraben ist auf der linken Seite durch einen Erddamm von etwa 2 m Höhe, auf der rechten Seite gegen die Straße zu durch eine Betonmauer von 1,5 m Höhe und einen anschließenden Damm eingefaßt und so mit wesentlich geringeren Kosten der erforderliche Querschnitt für die größere Wasserführung erreicht worden.

Baubeginn. Noch vor erteilter Konzession wurde von der Firma Carl Berg auf Grund einer vorläufigen Bauerlaubnis den SSW die Gesamtausführung der Anlage Ende Juni 1923 übertragen. Die Siemens-Bauunion begann sofort mit den umfangreichen baulichen Arbeiten, die nach Überwindung erheblicher Schwierigkeiten (fünfmaliges starkes Hochwasser) Ende 1924 zu Ende geführt wurden, so daß Anfang Dezember 1924 die Anlage in Betrieb genommen werden konnte.

Bild 1. Lageplan.

Wehr und Obergraben. Die Lenne besitzt an der Baustelle ein Einzugsgebiet von etwa 1133 km² und das höchste in Berechnung zu ziehende Hochwasser nach Angabe des Preußischen Kulturbauamtes Hagen bei einer Niederschlagmenge von 900 l/s/km² beträgt etwa 1000 m³/s. Hierfür mußte die neue Wehranlage (Bild 2) vorgesehen werden. Das Wehr besteht aus 2 Öffnungen, die durch Rollschützen von je 20 m l. W. und 3,6 m Stauhöhe verschlossen werden. Mittels eines auf dem mittleren Wehrpfeiler untergebrachten Motors von 12 PS werden die Rollschützen elektrisch angetrieben. Zur Sicherheit ist für beide Wehrhälften auch noch Handantrieb vorgesehen.

Außer dem beweglichen Wehr ist auf der linken Obergrabenseite noch ein festes Übereich von 20 m Länge angeordnet, das imstande ist, bei einem Wasserstand von 175,25 m ü. NN 50 m³/s abzuführen.

Die Ausführung der auf Rollen laufenden, je 43 t schweren eisernen Wehrschützen wurde der Dortmunder Union die Lieferung der Windwerke der Berliner Aktien-Gesellschaft für Eisengießerei und Maschinenfabrikation (früher J. C. Freund & Co.) in Charlottenburg übertragen.

Trotzdem das Wehr seit seiner Fertigstellung schon verschiedene, zum Teil sehr bedeutende Hochwässer abzuführen hatte, die in einem Falle nahezu die Katastrophen-Hochwassermenge vom Jahre 1890 erreichte, haben sich unterhalb des Wehres trotz der bedeutenden Geschiebeführung der Lenne weder Anlandungen noch die sonst bei Wehrbauten so gefürchteten Sohlenvertiefungen (Kolke) gebildet, wie aus Bild 2 sehr gut zu ersehen ist. Das Flußbett ist vielmehr ganz eben geblieben, obwohl die Flußsohle nur aus Kies und Geröll besteht und der feste Felsgrund 4 m unterhalb der Sohle liegt. Die von den SSW vorgeschlagene Ausbildung der Wehr-Sturzböden hat sich also glänzend bewährt.

Auch architektonisch paßt sich die Anlage sehr gut dem schönen Landschaftsbilde an und das Wehr gilt als schönstes unter den vielen Lenne-Wehren (Bild 2).

Kraftwerk und Untergraben. Die beiden im Jahre 1912 von der Amme, Giesecke & Konegen A.-G. in Braunschweig gelieferten Francis-Turbinen mit stehender Welle kamen auch im neuen Kraftwerk (Bild 3) wieder zur Aufstellung, nachdem die für das größere Gefälle notwendigen Änderungen an den Zahnrädern vorgenommen wurden. Beide Turbinen treiben mittels konischer Räder je einen Drehstrom-Generator von 250 Umdr/min an und leisten bei 3,65 m Gefälle, je 9,15 m^3 sekundl. Wasserverbrauch und 71,5 minutl. Umdrehungen je 340 PS.

Außer diesen beiden Turbinen wurde noch eine neue große Turbine derselben Firma aufgestellt, die bei 3,65 m Gefälle sekundl. 18,3 m^3 verarbeitet, bei 50 Umdr/min 700 PS leistet und mittels konischer Räder einen Drehstrom-Generator von 250 Umdr/min antreibt. In dem Maschinengebäude (Bild 3) ist noch Platz für eine vierte Turbine vorgesehen und die Fundamente hierfür sind bereits ausgeführt. Der neue Untergraben ist nur etwa 150 m lang. Der alte Untergraben wurde hierzu mit benutzt, mußte jedoch entsprechend der größeren Betriebs-Wassermenge bedeutend verbreitert und vertieft werden.

Die Generatoren sind mit wagerechter Welle in offener Bauart ausgeführt. Die Ständerwicklung liegt in offenen Nuten, die durch imprägnierte Holzkeile verschlossen sind. Die Generatoren sind für 400 V und 50 Perioden vorgesehen. Die für die Erregung erforderliche Energie wird der jedem Generator angebauten Erregermaschine entnommen.

Die Spannung wird von Hand geregelt, doch ist die Schaltanlage so ausgeführt, daß jederzeit eine automatische Spannungsregelung eingebaut werden kann.

Die in der Wasserkraftanlage erzeugte elektrische Energie wird teils der in unmittelbarer Nähe gelegenen Kupferelektrolyse zugeführt und zum Teil dem in Eveking gelegenen Walzwerk. Die Übertragung zur Kupferelektrolyse erfolgt mit 380 V. Hier wird der Drehstrom durch Umformer in Gleichstrom umgeformt.

Dem Walzwerk in Eveking, das in etwa 5 km Entfernung vom Kraftwerk liegt, wird der Drehstrom mit 10000 V zugeleitet. Es sind daher im Kraftwerk noch 2 Transformatoren von 600 bzw. 300 kVA aufgestellt.

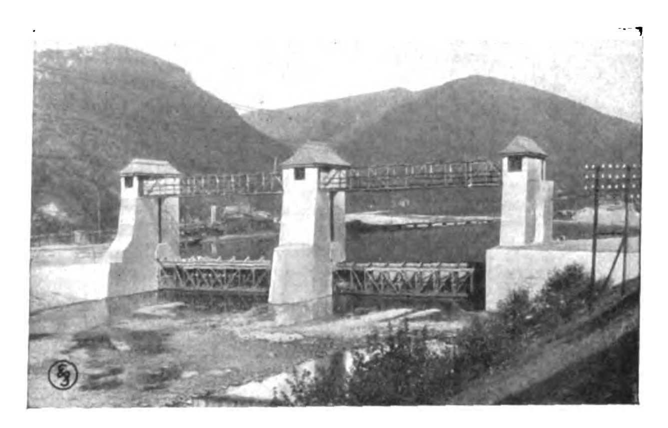


Bild 2. Neues Wehr.

Ferner ist noch eine Verbindung mit dem kommunalen Elektrizitätswerk Mark vorhanden, die es ermöglicht, zu wasserarmen Zeiten Energie von E. W. Mark zu beziehen. Andererseits nimmt das E. W. Mark die durch die Wasserkraftanlage erzeugte Energie ab, die nicht durch die Kupferelektrolyse und das Walzwerk aufgenommen werden kann.

Für das Parallelarbeiten mit dem E. W. Mark ist daher eine besondere Zählertafel vorgesehen, die Wirk- und Blindverbrauchzähler einmal für den Bezug elektrischer Energie vom E. W. Mark enthält und andererseits für Abgabe an E. W. Mark. Ferner sind besondere Zähler bei Bezug von dem E. W. Mark für die Tages- und Nachtenergie eingebaut.

Eine elektrisch angetriebene Freischütze von 2 m l. W. und 4,5 m Höhe ermöglicht nach Öffnung des Wehres die Trockenlegung des Obergrabens, da vor dem Obergrabeneinlauf

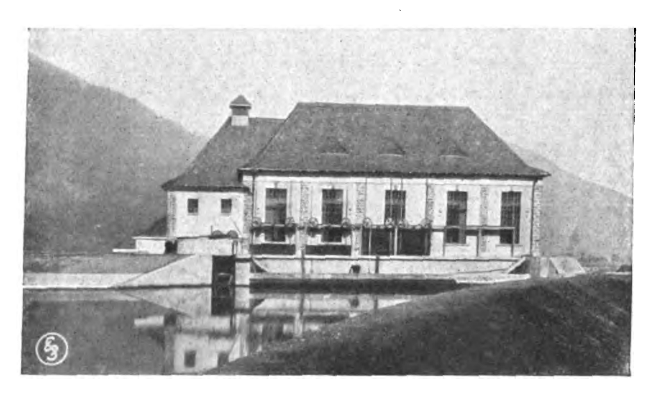


Bild 3. Neues Kraftwerk.

eine Kiesschwelle angeordnet ist, die etwa 2 m höher liegt als die Wehrschwelle. Vom Krafthaus führt ein kurzer Untergraben von 50 m Länge die Betriebswassermenge wieder in die Lenne zurück.

Die größte Turbinenleistung der Anlage beträgt z. Zt. 1110 PS, und es wird eine durchschnittliche Jahresarbeit von 3,17 Millionen kWh erzeugt. Nachdem es der Firma Carl Berg vor kurzem möglich war, einige Ufer-Grundstücke zu erwerben, ist eine weitere Stauerhöhung von 70 cm beantragt, die Leistung der Anlage steigt dann nach deren Durchführung auf 1480 PS und die durchschnittliche Jahresarbeit auf 4,135 Millionen kWh. Nach Fertigstellung der Arbeiten für die vorerwähnte Stauerhöhung um 70 cm, die bei dem Wehrbau schon berücksichtigt wurde, und der für später erst in Aussicht genommenen Vertiefung der Lennesohle unterhalb des Kraftwerkes wird bei Mittelwasser ein Gefälle von 4,90 m zur Verfügung stehen, das bei zurückgehender Wasserführung auf 5,20 m steigt. Die Gesamtleistung der Wasserkraft wird dann nach Sohlenvertiefung der Lenne und dem Einbau einer 4. Turbine von etwa 12 m^3/s Schluckfähigkeit 1970 PS und die durchschnittliche Jahresarbeit 5,4 Millionen kWh betragen.

Nach halbjährigem Betrieb wurde seitens der Firma Carl Berg am 19. Juni d. J. die Anlage in Gegenwart des behördlichen Sachverständigen abgenommen.

KLEINE MITTEILUNGEN

110- und 30 kV-Freiluftanlage für das Großkraftwerk Böhlen.

Die AG Sächsische Werke übertrug den SSW die Errichtung einer 110- und 30 kV-Freiluftanlage für das Großkraftwerk Böhlen bei Leipzig. Diese Anlage ist insofern bemerkenswert, als es die erste 110 kV-Freiluftanlage für ein Kraftwerk in Deutschland ist.

Die sämtlichen Trennschalter der Anlage werden auf Betonsockel von etwa 1 m Höhe gesetzt, so daß ein besonderes Eisengerüst hierfür erspart wird. Die vorgesehenen Ölschalter haben Durchführungen aus Repelit, die nach dem Kondensatorprinzip ausgeführt sind. An die Kondensatorbelege der Repelitdurchführungen werden Meßwandler angeschlossen, die zur Messung der Netzspannung und zu Synchronisierzwecken benutzt werden. Außerdem werden in die Ölschalter Ringstromwandler für den Überstromschutz eingebaut.

Aufträge für die Umgestaltung der Berliner Feuertelegraphenanlage.

Mitgeteilt von der Abtl. für Feuermelder und elektr. Uhren Siemens & Halske A.-G.

Der Feuermelder-Abteilung des Wernerwerkes der Siemens & Halske A.-G. wurde vom Magistrat Berlin, Zentralamt der Feuerwehr, der Auftrag auf Lieferung der Feuermelde-Zentraleinrichtungen für drei Wachen und 100 Straßenmelder, in der Ausführung wie sie für Groß-Berlin vorgesehen ist, erteilt. Es ist dies der Beginn der geplanten großzügigen Umgestaltung der Berliner Feuertelegraphenanlage.

Überspannungszählwerk.

Von D. Müller-Hillebrand, Charlottenburger Werk der SSW.

Für viele Elektrizitätswerke ist es erwünscht, eine genaue Übersicht über die Häufigkeit des Ansprechens von Überspannungsschutzapparaten zu haben, um ein Bild über die Beanspruchung der Anlage durch Spannungserhöhungen zu gewinnen und, wenn nötig, besondere Maßnahmen zur Hebung des Sicherheitsgrades des betroffenen Anlagenteils treffen zu können. Um dies zu ermöglichen, wurde von den SSW. ein Überspannungszählwerk durchgebildet, das in den Stromkreis der Hörnerableiter eingebaut wird und jedes Ansprechen des Ableiters zählt.

Der Aufbau des Zählwerks ist folgender:

Wie Bild 1 erkennen läßt, besteht die Zähleinrichtung aus einem Magnetgestell mit Spule und einem Zähler, die um eine wagerechte Achse drehbar an einem Bügel befestigt sind. Der Bügel läßt sich um eine senkrechte Achse drehen und hierdurch das Zählwerk in zwei aufeinander senkrechten Ebenen verstellen, so daß bei Einbau an jeder

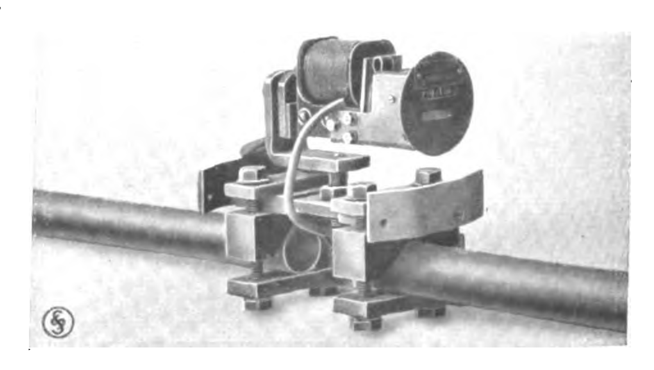


Bild 1. Zählwerk ohne Schutzhaube.

Stelle der Leitung der Zählerstand abgelesen werden kann. Der Drehbolzen des Bügels ist auf einer Traverse gelagert, an der zwei von ihr isolierte Anschlußstücke für die Leitung befestigt sind. Die Spule ist so bemessen, daß

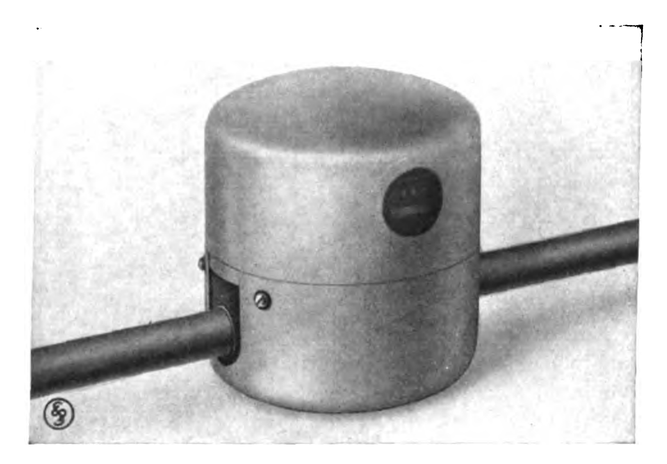


Bild 2. Zählwerk geschlossen.

das Zählwerk bei dem kleinstmöglichen Strom eines Überspannungsableiters noch mit Sicherheit arbeitet, daß aber auch bei den größtmöglichen Strömen die Erwärmung in den zulässigen Grenzen bleibt. Außerdem ist die Spule durch einen kleinen Ohmschen Widerstand überbrückt, der für Ströme höherer Frequenz einen bequemen Weg bietet und die Spule vor einer Beschädigung durch Überspannungen schützt. Der Anker des Magnetsystems wirkt auf einen Zähler, der jeden Ankerhub registriert. Der Zähler ist ähnlich dem Gesprächszähler bei Fernsprechämtern hergestellt, nur ist er in Rücksicht auf die bei Wechselstrom auftretenden Erschütterungen baulich geändert. Der ganze Apparat ist durch eine Metallhaube für den Einbau in Hochspannungsleitungen abgeschirmt (Bild 2).

Der Arbeitsvorgang der Registriereinrichtung spielt sich folgendermaßen ab:

Sobald durch eine auf den Ableiter auftreffende Überspannung die Funkenstrecke überbrückt ist, folgt der Betriebsstrom, dessen Größe sich nach der Betriebsspannung und dem Ableiterwiderstand richtet, nach, bis der Lichtbogen an den Hörnern aufgestiegen und abgerissen ist. Der Betriebsstrom fließt zu einem Teil durch die Magnetspule des Zählwerkes und bewirkt dadurch ein Anziehen des Klappankers. Beim Erlöschen des Lichtbogens wird der Anker durch eine Feder zurückgezogen und bewegt hierbei das Zählwerk um eine Zahl weiter.

Das Zählwerk wird in den Zug der Leitung des Hörnerableiters eingebaut; zu diesem Zweck wird die Leitung an einer geeigneten Stelle unterbrochen und das Zählwerk mit seinen beiden Anschlußstücken auf die Leitungsenden geklemmt; dann wird die Schutzkappe aufgesetzt, die das Werk vollkommen abschließt und gegen Verstauben schützt (Bild 2); zum Abdichten an den Anschlußstücken dienen Preßspanscheiben, die in der Mitte ein dem Durchmesser der Leitung entsprechendes Loch haben.

An welcher Stelle des Stromkreises der Apparat eingebaut wird, ob beispielsweise zwischen Stromquelle und Hörnerableiter oder zwischen Hörnerableiter und Erde, ist für seine Wirkungsweise gleichgültig. Um ausreichende Überwachung eines Hörnerschutzes zu erzielen, muß für jede Phase ein Zählwerk vorgesehen werden, da erfahrungsgemäß die einzelnen Phasen einer Anlage verschieden oft von Überspannungen heimgesucht werden. Ein Sternschutz mit drei Hörnerableitern nach Erde erfordert also drei Zählwerke, bei Schutzvorrichtungen, die außerdem eine Ausgleichmöglichkeit zwischen den Phasen haben — Sterndreieckschutz — ist vor jedem Hörnerableiter ein Zählwerk anzuordnen, wenn das Ansprechen der Phasenhörner und der Erdhörner getrennt gezählt werden soll. Anderenfalls genügen auch hier drei Zählwerke, die zwischen Hörnerableiter und Stromquelle geschaltet werden.

Solche Zählwerke sind schon in einer Reihe von Stationen des In- und Auslandes eingebaut. Allgemein lassen sie sich auch dort anwenden, wo ermittelt werden soll, wie oft zeitweise in einem Stromkreise ein Strom fließt.

Elektrische Kochbelastung und die Belastungskurve des Elektrizitätswerkes.

Herr Ing. P. Haukaas-Malde aus Stavanger, Norwegen, schreibt uns:

Mit großem Interesse habe ich Ihre Antwort 21 in der Siemens-Zeitschrift, Heft 5/6, gelesen. Sie sagen hierin, daß fortschrittliche Elektrizitätswerke die ausgiebige Benutzung der Elektrizität für Heiz- und Kochzwecke durch geeignete Tarifpolitik anzuregen und zu fördern suchen.

Herr Dr. W. Luloffs hat bereits in „Mitteilungen d. V. d. E. W.", Nr. 364/1924 gezeigt, wie vorteilhaft durch die Entwicklung der Elektrizitätsversorgung Amsterdams die Anwendung der Elektrizität für gemeinsame Koch- und Heizzwecke ist, für das Elektrizitätswerk.

Wie außerordentlich günstig die Kochbelastung bei einer größeren Anzahl von Kochverbrauchern, die ausschließlich mit Elektrizität kochen, für ein Elektrizitätswerk ist, das hauptsächlich Strom für Licht- und Kraftzwecke liefert, ist vielleicht manchem doch nicht klar.

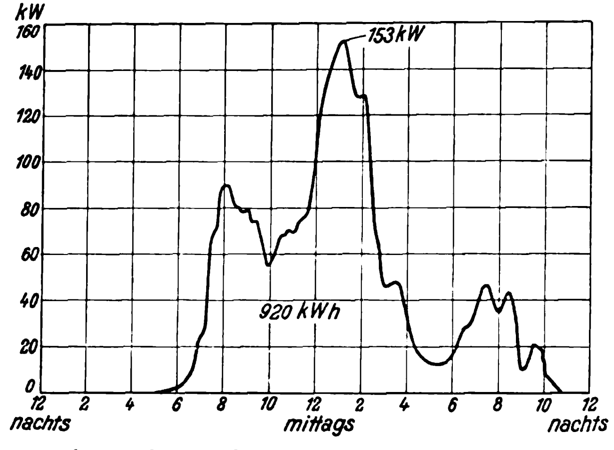


Bild 1. Belastungskurve für 217 Kochverbraucher.

In der Stadt Stavanger in Norwegen, mit 48000 Einwohnern, kochen etwa 4500 Familien mit Elektrizität. Wir

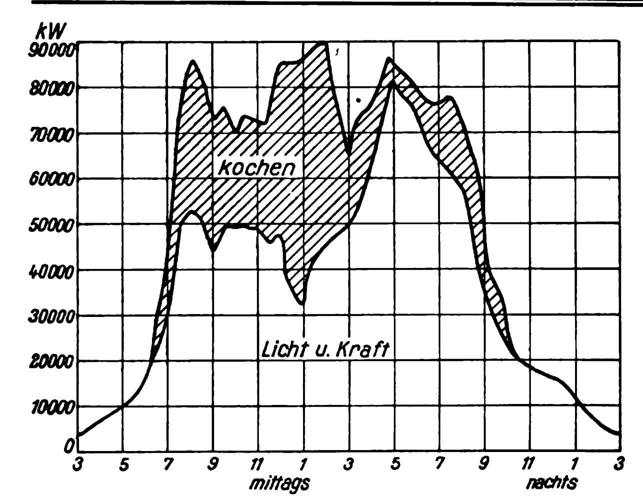


Bild 2. Einfluß der Kochbelastung.

haben deshalb gute Erfahrungen über Jahresverbrauch und Maximalbelastung zum Kochen. Der Tarif für Kochen ist reiner kW-Stunden-Tarif 4,4 Öre (3,1 Pf.) pro kWh. im Winter und 2,2 Öre (1,55 Pf.) im Sommer. Zu denselben Preisen wird auch Strom für Heizzwecke in die Wohnungen geliefert. Der Strom kann ohne Zeitbegrenzung verwendet werden. Die Kochinstallationen bestehen aus Herden von 2 · 1000 W bis 5000—6000 W.

Außer Zählermiete 6 Kr. (4,68 M) jährlich wird keine Grundgebühr berechnet. Der durchschnittliche Jahresverbrauch ist etwa 1600 kWh. Die Belastungskurve im Verteilungstransformator für 217 Kochverbraucher zeigt Bild 1. Näheres über die zugrundeliegenden Messungen findet man in der norwegischen Zeitschrift „Elektroteknisk Tidsskrift" Nr. 6 vom Jahre 1925. Sehr interessant ist es, diese Belastungskurve an die Kurve in Bild 1 Ihrer Antwort 21 zu legen, mit einer Anzahl von beispielsweise 75000 Kochverbrauchern. Das Ergebnis ist in Bild 2 dargestellt.

Die Kurve für 75000 Verbraucher ist zwar viel günstiger als die für 217 Verbraucher, aber man sieht doch, wie vorteilhaft die Kochbelastung für das Werk ist. Dadurch, daß das Kochen meistens außerhalb der Zeit der Hochbelastung geschieht, und weil die Kochspitze in die Mittagszeit der Industrie fällt, wird die gesamte Zunahme der Höchstbelastung nur 8000 kW für 75000 Verbraucher, trotzdem sie allein eine Maximalbelastung von etwa 53000 kW bedürfen, d. h. die wirkliche Belastungszunahme ist 107 W pro Verbraucher.

Bei einem Kochpreis von 8 Pf. pro kWh werden die Einnahmen:

$$8 \cdot 1600 \cdot 75000 = 9{,}6 \text{ Millionen Mark}$$

oder $\frac{9\,600\,000}{8000} = 1200$ M pro kW Belastungszunahme.

Allerdings ist hier eine Kochkurve für norwegische Verhältnisse verwendet worden, aber nach meinen Kenntnissen sind ähnliche Verhältnisse auch in Deutschland vorhanden.

Viele Verfasser sind der Auffassung, daß der Grundgebührtarif vorzuziehen ist. Nach meiner Erfahrung erreicht man bessere Resultate mit reinem kW-Stunden-Tarif allein, wenn bloß die Strompreise konkurrenzfähig sind. Diese Auffassung ist in „Elektroteknisk Tidskrift" Nr. 10, 1925, auch zum Ausdruck gekommen. Doch sind die dort vorgeschlagenen Preise zu niedrig für deutsche Verhältnisse. Strompreise, die man in Deutschland für konkurrenzfähig hält, werden oft hier in Norwegen für zu hoch angesehen.

10000 kVA-Asynchronmaschinen.

Die SSW haben von einem chemischen Werk zwei asynchrone Blindleistungsmaschinen mit einer Leistung von je 10000 BkVA und eine solche mit einer Leistung von 5000 BkVA in Auftrag erhalten. Dieser Auftrag ist insofern bemerkenswert, als die 10000 kVA-Generatoren die größten bisher gebauten asynchronen Maschinen sind. Da das Kraftwerk mit mehreren früher gebauten Werken parallel arbeiten soll, war es von großer Wichtigkeit, daß die maximal auftretende Kurzschlußstromstärke so wenig wie möglich erhöht wird. Diese Forderung kann nur durch Verwendung asynchroner Maschinen erfüllt werden, was ausschlaggebend für die Wahl der Phasenschieber war. Durch Aufstellung dieser Maschinen wird es möglich, die Leistung des Kraftwerkes um 15000 bis 20000 kW zu erhöhen, ohne daß am elektrischen Teil des Kraftwerkes selbst Änderungen vorgenommen zu werden brauchen. Es hatte sich gezeigt, daß die Wasserkraft günstiger ausgenutzt werden könnte, als bei der Projektierung vorgesehen war. Die vorhandenen Drehstromgeneratoren waren bei der im Netz herrschenden Phasenverschiebung aber nicht ausreichend, die größere Energie zu liefern, und man stand vor der Frage, entweder das Kraftwerk zu vergrößern oder die Generatoren durch Aufstellung von Blindleistungsmaschinen von Blindstrom zu entlasten.

Eine Vergrößerung des Kraftwerkes wäre mit großen Schwierigkeiten und Kosten verbunden gewesen. Man wählte daher den zweiten Weg, der bedeutend einfacher und billiger war.

Für die Fortleitung der gewonnenen Energie wurde je ein Transformator mit einer Leistung von 30000 kVA zur Herauftransformierung der Übertragungsspannung auf 100000 bzw. zur Wiederherabtransformierung auf 10000 V den SSW in Auftrag gegeben.

40 kV-Umspannwerk Zittau.

Das neue 40 kV-Umspannwerk des Städtischen Elektrizitätswerks Zittau, das den Zusatzstrom aus dem Großkraftwerk Hirschfelde der A.G. Sächsische Werke bezieht, wurde vor kurzem dem Betrieb übergeben. Dieses Werk setzt die Fernleitungsspannung von 40 auf 6 bzw. 10 kV herab und hat eine Umspannerleistung von 10000 kVA. Die Gesamtanlage wurde durch die SSW ausgeführt, und zwar nach Bauplänen, die gemeinschaftlich mit dem Städtischen Elektrizitätswerk Zittau und der A.G. Sächsische Werke aufgestellt wurden unter Berücksichtigung der Forderungen, welche die letztere zur Erlangung der Einheitlichkeit in der Ausführung der Anschlußwerke stellte.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.



SIEMENS-ZEITSCHRIFT

SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT

SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

10. HEFT • BERLIN / OKTOBER 1925 • JAHRGANG 5

Umschaltbare Stromwandler

Von Dr.-Ing. Georg Keinath, Meßinstrumenten-Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Da sowohl der Fehlwinkel und der Stromfehler eines Stromwandlers als auch der Fehler der angeschlossenen Instrumente, auf den Sollwert bezogen, mit abnehmender Stromstärke stark zunehmen, sucht man möglichst mit der vollen normalen Stromstärke des Stromwandlers zu arbeiten. Für Laboratoriumsmessungen ist das Verlangen nach einem umschaltbaren Stromwandler ohne weiteres verständlich, weil die genauesten Wechselstrominstrumente solche sind, die für 5 A gebaut sind. Man wird deshalb nicht nur bei Hochspannung, sondern auch bei Niederspannung Wandler verwenden.

Des niedrigen Gewichtes und der geringeren Beschaffungskosten wegen werden Wandler mit sehr weiten Strombereichen bevorzugt. Für Betriebsmessungen sollte man umschaltbare Stromwandler nur dort benutzen, wo zu Anfang die später normale Stromstärke noch nicht erreicht wird, aber doch eine genaue Verrechnung der elektrischen Arbeit stattfinden muß. Eine Umschaltung im Betriebe, etwa entsprechend verschieden starker Tagesbelastung, sollte man niemals vorsehen. Sind zwei parallele Leitungen im Betrieb, so bemesse man die Stromwandler in jeder Leitung für den Summenstrom oder schalte sie so, denn es kommt vor, daß eine Leitung ausfällt, und man kann dann doch nicht noch die zweite unterbrechen, um erst den Wandler umzuschalten.

Man hat zu unterscheiden: Wandler mit primärer und solche mit sekundärer Umschaltung. In beiden Fällen kann die Umschaltung sowohl durch Reihen-Parallelschaltung als durch Anzapfung erfolgen. Die Reihen-Parallelschaltung gibt nur die Verhältnisse 1 : 2, äußerstenfalls 1 : 2 : 4. Mit den Anzapfungen hat man viel mehr Freiheit; es ist möglich, sowohl gröber als auch feiner zu stufen.

Primäre Anzapfungen erhöhen den Wattverlust in der Primärwicklung, weil sie nicht gleichmäßig beansprucht wird, sekundäre Anzapfungen haben den gleichen Nachteil. Jede sekundäre Umschaltung hat für den betreffenden Meßbereich eine andere Meßgenauigkeit zur Folge, während bei der primären Umschaltung die Genauigkeit in allen Bereichen die gleiche bleibt. Sekundäre Umschaltung hat vor der primären aber auch wieder den großen Vorzug, daß sie unter Beachtung gewisser Vorsichtsmaßnahmen (Kurzschließen der Wicklung) auch ohne Unterbrechung des Primärstromes im Betriebe vorgenommen werden kann.

Primäre Umschaltung.

Diese Anordnung wird weitaus am häufigsten verwendet im Verhältnis 1 : 2, besonders auch bei Schalttafeltypen. Man führt die vier Leitungsenden durch den Isolator und schaltet mit Hilfe von Laschen oder Bügeln. Eine derartige Ausführung mit Zentralklemmenanschluß zeigt Bild 1 für einen Stromwandler mit einer Repelitdurchführung für eine Betriebsspannung von 300000 V. Bild 2 zeigt einen im Verhältnis 1 : 2 : 4 umschaltbaren Präzisions-Stromwandler der

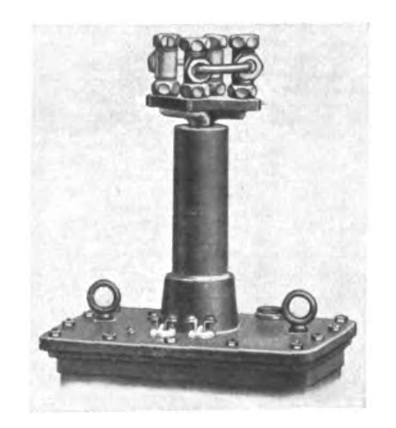


Bild 1. Wandler mit Repelitdurchführung. Ausführung mit Zentralklemmenanschluß.



Bild 2. Präzisions-Stromwandler 1 : 2 : 4 umschaltbar.

Siemens & Halske A.-G. Die vier Wicklungsgruppen eines solchen Wandlers müssen stets aus gleichen Elementen bestehen, mit gleichem Ohmschen Widerstand und gleicher Reaktanz, damit bei allen Schaltungen die Stromverteilung und die Fehlergrößen gleichbleiben. Diese Forderung ist bei Wicklungen für hohe Stromstärken nicht immer leicht zu erfüllen; die Wicklung muß sorgfältig in gleiche Elemente unterteilt sein. Zum Umschalten dienen besondere Schaltstücke.

Walzenschalter sind im Gebrauch am bequemsten, bedürfen aber einer sorgfältigen Herstellung und einer gewissen Wartung. Laschenschalter sind umständlicher in der Handhabung, dafür aber sicherer, sofern das Festziehen der Schrauben nicht übersehen wird. Bild 3 zeigt das Schaltbild für die Schaltstücke von Siemens & Halske. Es werden zu jedem Sammler drei Schaltstücke mitgeliefert, die in den Schaltkopf eingeschoben und mit einer einzigen Druckschraube festgezogen werden.

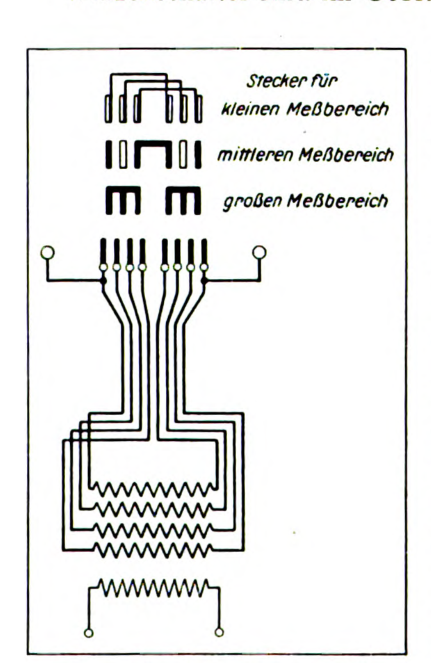


Bild 3. Schaltbild für die Schaltstücke von umschaltbaren Stromwandlern der Siemens & Halske A.-G.

Sekundäre Umschaltung.

Umschaltbare Wandler für Schaltanlagen erhalten in der Regel nur zwei Meßbereiche, die durch Laschen umgeschaltet werden. Für solche Wandler wird häufig sekundäre Umschaltbarkeit verlangt. Sie ist selten möglich, weil beim Umschalten der Strommeßbereiche im Verhältnis 1 : 2 die Kupferverluste in der Primärwicklung im Verhältnis 1 : 4 anwachsen. Infolgedessen wird entweder der Wandler zu heiß oder, wenn dies nicht der Fall ist, er hat auf dem unteren Strommeßbereich eine so geringe Zahl von Amperewindungen, daß seine Fehler viel zu groß werden. In erster Annäherung nehmen bekanntlich die Fehler eines Stromwandlers umgekehrt proportional dem Quadrat der Amperewindungen zu. Man kann ferner die sekundären Windungszahlen nur für einen einzigen Meßbereich abgleichen. Nur in besonderen Fällen, wenn z. B. der Wandler im Öl eines großen Ölschalters untergetaucht ist, so daß eine sehr gute Wärmeabfuhr bei der Überlastung der Primärwicklung auf dem höheren Meßbereich gewährleistet ist, kann man bei bescheidenen Genauigkeitsansprüchen auf der Sekundärseite des Stromwandlers umschalten.

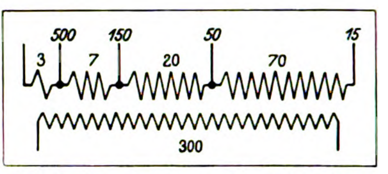


Bild 4. Schaltschema eines Wandlers (1500 AW) mit primärer Anzapfung. (Die stehenden Zahlen geben die Windungszahlen an.)

Primäre Anzapfung.

Die primäre Anzapfung eines Stromwandlers bringt, wie schon kurz gesagt, den Nachteil, daß der Wickelraum des Wandlers nicht voll ausgenutzt werden kann. Die Schaltung eines





Bild 5. Neue tragbare Wandler der Siemens & Halske A.-G.

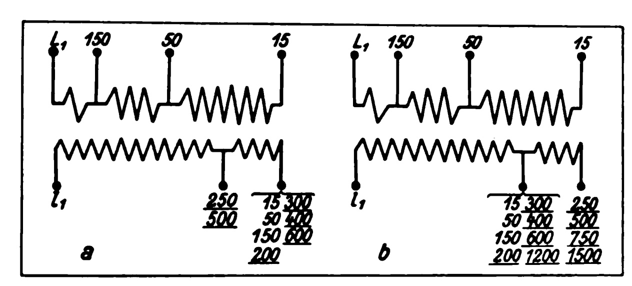


Bild 6. Schaltschema für die tragbaren Wandler: a) kleines Modell, b) großes Modell. (Die stehenden Zahlen geben die Amperewindungen an, die liegenden die Meßbereiche; bei den unterstrichenen Meßbereichzahlen wird der Primärleiter durchgefädelt.)

solchen Wandlers mit 1500 Amperewindungen ist schematisch in Bild 4 gezeigt.

Die stehenden Zahlen geben die Windungszahlen an. Die drei Windungen für 500 A werden bei dem 150 A-Meßbereich nur mit 30 % des Normalstromes beansprucht, 70 % des Wickelquerschnittes sind dafür überflüssig. Bei dem 50 A-Bereich wird die 500er Stufe nur zu 10 % ausgenutzt, bei dem 15 A-Bereich gar nur zu 3 %. Solche Wandler enthalten also sehr viel mehr Kupfer als solche mit Reihen- und Parallelschaltung der Wicklungen. Genau ist dies

$$1 + \frac{7}{10} + \frac{20}{30} + \frac{70}{100} = 3{,}07,$$

d. i. rund dreimal soviel Kupfer wie gewöhnlich.

Zu den primär angezapften Wandlern sind auch die zu rechnen, die nur aus einem Ringkern mit der Sekundärwicklung bestehen,

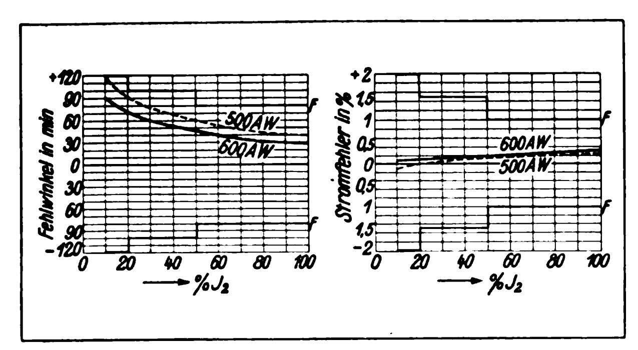


Bild 7. Stromfehler und Fehlwinkel des kleinen tragbaren Ringstromwandlers in Abhängigkeit von der Belastung.

durch den die Primärwicklung von Hand in verschiedener Windungszahl hindurchgezogen wird.

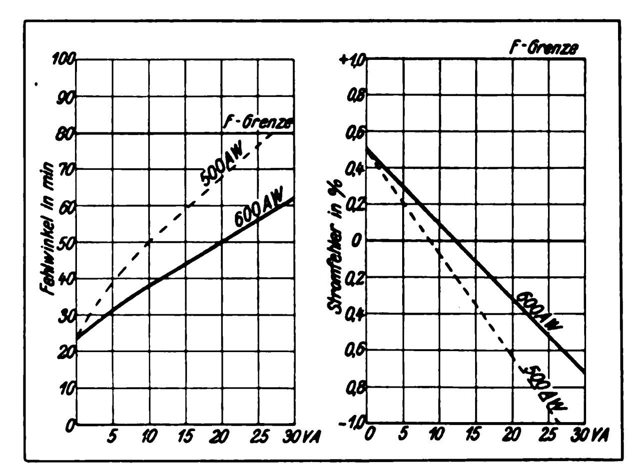


Bild 7a. Stromfehler und Fehlwinkel des kleinen tragbaren Ringstromwandlers bei Vollstrom und $\cos \psi = 1$.

Eine Vereinigung beider Typen sind die in Bild 5 wiedergegebenen beiden neuen tragbaren Wandler der Siemens & Halske A.-G., deren Schaltung in Bild 6 gezeigt ist.

Die acht Meßbereiche des kleinen Modells, das weniger als 4 kg wiegt, sind folgende:

15—50—150 A eingebaut,
200—250—300—500—600 A

mit durchgezogener Primärwicklung, und zwar:

200 A	600 AW	3 Windungen
250 „	500 „	2 „
300 „	600 „	2 „
500 „	500 „	1 Windung
600 „	600 „	1 „

Das große Modell mit zwölf Meßbereichen hat dieselben eingebauten Bereiche, zum Durchfädeln

200—250—300—400—500—600—
750—1200—1500 A.

Bei den unterstrichenen Zahlen wird der Primärleiter durchgefädelt; die stehenden Zahlen bedeuten die Amperewindungen.

200 A	1200 AW	6 Windungen
250 „	1500 „	6 „
300 „	1200 „	4 „
400 „	1200 „	3 „
500 „	1500 „	3 „
600 „	1200 „	2 „
750 „	1500 „	2 „
1200 „	1200 „	1 Windung
1500 „	1500 „	1 „

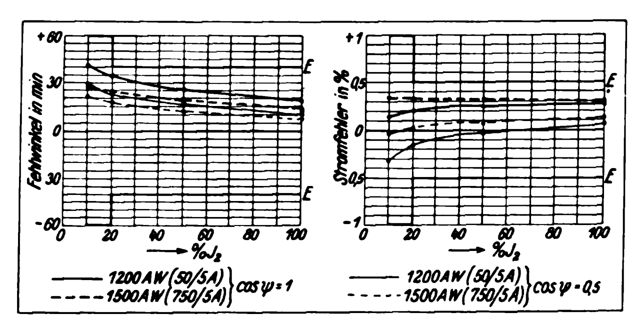


Bild 8. Stromfehler und Fehlwinkel des großen tragbaren Ringstromwandlers in Abhängigkeit von der Belastung.

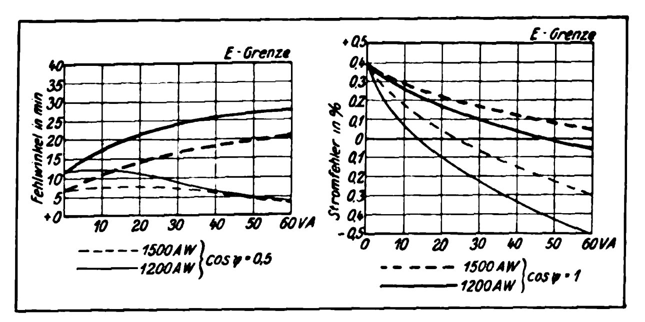


Bild 8a. Stromfehler und Fehlwinkel des großen tragbaren Ringstromwandlers bei Vollstrom und cos $\psi = 1$ sowie cos $\psi = 0{,}5$.

Der kleine Wandler entspricht bei einer sekundären Bürde von 5 VA über dem ganzen Strombereich der Genauigkeitsklasse F, der große bei einer Bürde von 15 VA für alle Meßbereiche der Klasse E, dem beglaubigungsfähigen Typ von Stromwandlern.

Bei vollem Strom können beide Wandlertypen sekundär erheblich höher belastet werden. Die Bilder 7, 7a sowie 8 und 8a zeigen die Fehlerkurven beider Wandler in Abhängigkeit von der Belastung, für 500 und 600 und für 1200 und

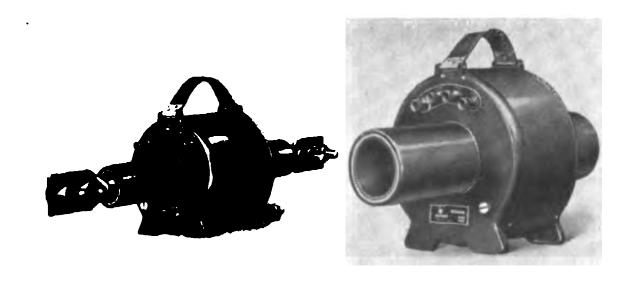


Bild 9. Neue Einleiterstromwandler mit sekundärer Anzapfung.

1500 AW. Bei vollem Strom entspricht also der kleine Wandler noch mit 15 VA Belastung bei cos $\psi = 1$ der Beglaubigungsgrenze der Klasse E, bei 25 VA der Klasse F; der große Wandler gibt bei jedem cos ψ der Bürde zwischen 0,5 und 1,0 und bei vollem Strom sogar 60 VA ab, ohne die E-Grenzen zu überschreiten. Die Wandler sind demnach bei vollem Strom sehr genau und belastungsfähig. Es ist zu berücksichtigen, daß in bezug auf die prozentual zunehmenden Ablesefehler der Zeigermeßgeräte bei kleinerem Ausschlag auch keine so große Meßgenauigkeit der Stromwandler bei kleinem Strom notwendig ist, wie es die Regeln für Meßwandler vorschreiben.

Die Wandler werden vielfach auch für Leistungsmessungen verwendet. Die Polbezeichnung L_1 L_2 l_1 l_2 ist auf den Anschlußklemmen vermerkt. Die Klemmen L_1 und l_1 sind mit einem roten Ring versehen. Damit man auch beim Durchfädeln der Primärwicklung die Polarität festzustellen vermag, haben die Wandler auf einer Seite der Öffnung einen roten Ring, der der L_1-Klemme entspricht. Die beiden Wandler sind nur für Betriebsspannungen bis 650 V bestimmt, die Prüfspannung ist 2000 V. Ein umschaltbarer Wandler für eine Prüfspannung von 44 kV ist in Vorbereitung.

Sekundäre Anzapfung.

Bei Einleiterstromwandlern gibt es nur ein Mittel zur Umschaltung für verschiedene Stromstärken: sekundäre Anzapfung. In Bild 9 sind zwei neue Stromwandler dieser Art für die Meßbereiche 500 ÷ 750 ÷ 1000 ÷ 1500 ÷ 2000 ÷ 2500 ÷ 3000 Ampere dargestellt. Der Primärleiter des kleineren der beiden Wandler ist mit einer Hartpapierisolierung versehen, die Prüfspannung beträgt 44 kV, so daß diese Wandlertypen nach den neuen Regeln für Hochspannungsapparate, die die Probe mit 2 E + 20 kV vorschreiben, für Betriebsspannungen bis 12 kV zulässig sind. Der Wandler für max. 3000 A hat, um Gewicht zu sparen, keinen Primärleiter, nur ein Hartpapierrohr, dessen Innenrohr aus Messing mit 44 kV gegen den Kern gepreßt wird. Auch diese Wandler sind leicht tragbar; das Gewicht des kleinen Typs beträgt 14 kg, das des großen etwa 22 kg. Die Fehlerkurven beider Wandler sind aus Bild 10a und b erkennbar. Bei dem kleinen Wandler entsprechen die Meßbereiche 500/5 A und 750/5 A nur der Genauigkeit Klasse F, die übrigen Meßbereiche

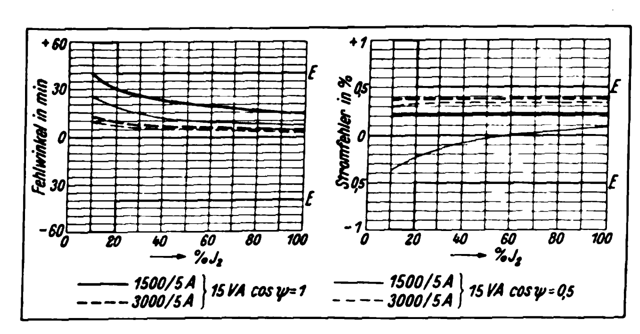


Bild 10a. Stromfehler und Fehlwinkel des neuen Einleiterstromwandlers, großes Modell in Abhängigkeit von der Belastung.

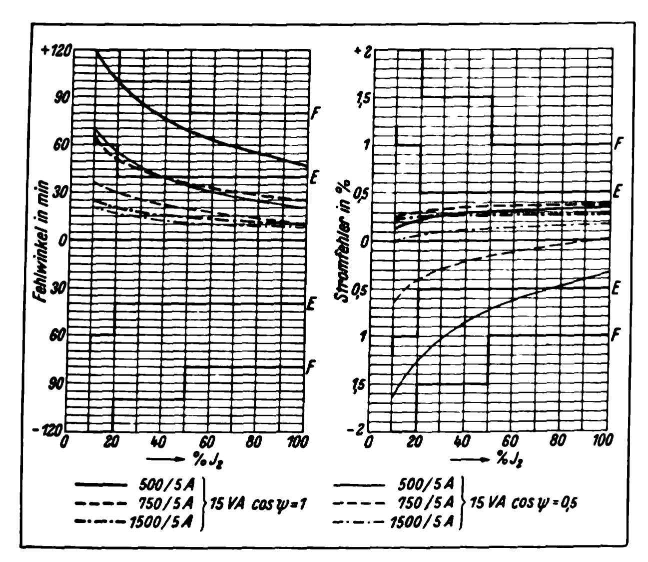


Bild 10b. Stromfehler und Fehlwinkel des neuen Einleiterstromwandlers, kleines Modell in Abhängigkeit von der Belastung.

1000/5 und 1500/5 der Genauigkeit Klasse E. Auch bei den unteren Meßbereichen entspricht die Genauigkeit für bestimmte Belastungsfälle der Klasse E, nämlich der Übersetzungsfehler bei 500 A und cos ψ der Sekundärbürde = 1, der Übersetzungsfehler bei 750 A für cos $\psi = 1$ und cos $\psi = 0{,}5$ für jede Belastung, ferner der Fehlwinkel bei 750 A und cos $\psi = 0{,}5$. Bei dem Meßbereich 1000/5 A betragen die Fehler nur etwa die Hälfte der für die E-Klasse zugelassenen Grenzwerte.

Die sekundäre Anzapfung wird auch bei den in Bild 5 gezeigten Wandlern verwendet, wie auch aus dem Schaltbild und der Schaltung für höhere Stromstärken hervorgeht. Der kleinere Wandler hat eine sekundäre Anzapfung für 500 AW, der große für 1200 AW.



Bild 11. Tragbarer Hochfrequenzstromwandler zum Anschluß an Hitzdrahtstrommesser und für Frequenzen von 3000–50000 Per.

Umschaltbare Stromwandler für Hochfrequenz.

Für Frequenzen von 3000 Perioden und darüber sind die bisher beschriebenen Wandler nicht verwendbar. Ihre Amperewindungszahl ist für Hochfrequenz viel zu groß, der Spannungsabfall würde zu hoch sein. Schon bei kleinen Stromstärken von 50 A kommt man mit Einleiterwandlern aus.

Bild 11 zeigt einen tragbaren Hochfrequenz-Stromwandler der S. & H. A.-G. für die Meßbereiche 50, 100, 200/5 A zum Anschluß von Hitzdrahtstrommessern und Frequenzen von 3000 bis 50000 Per. Bei diesen Wandlern ist für jeden Meßbereich ein besonderer Kern aus sehr dünnem (0,08 mm), hochlegiertem Eisenblech vorgesehen, und Windungen, die den nicht benutzten Meßbereichen entsprechen, werden kurzgeschlossen, damit sich nicht der Eisenkern unzulässig erwärmt.

Staatliche Landeswasserversorgung Württembergs

Förderstation Nieder-Stotzingen

Von Dipl.-Ing. Ludwig Sattler, Abteilung Industrie der SSW.

Im Juli 1917 wurden die im Jahre 1912/13 begonnenen und im Kriege vollendeten Anlagen der staatlichen Landeswasserversorgung in Württemberg dem Betrieb übergeben. Das Unternehmen stellt die größte Wasserfernversorgungsanlage des Festlands dar: Rund 100 Städte und Gemeinden mit etwa 450000 Einwohnern werden mit vorzüglichem Trinkwasser versorgt. Das Rohrleitungsnetz erstreckt sich über ein Gebiet von 4400 km². Die Tagesförderung beträgt durchschnittlich 43000 m³ und kann bei Bedarf auf 78000 m³ gesteigert werden.

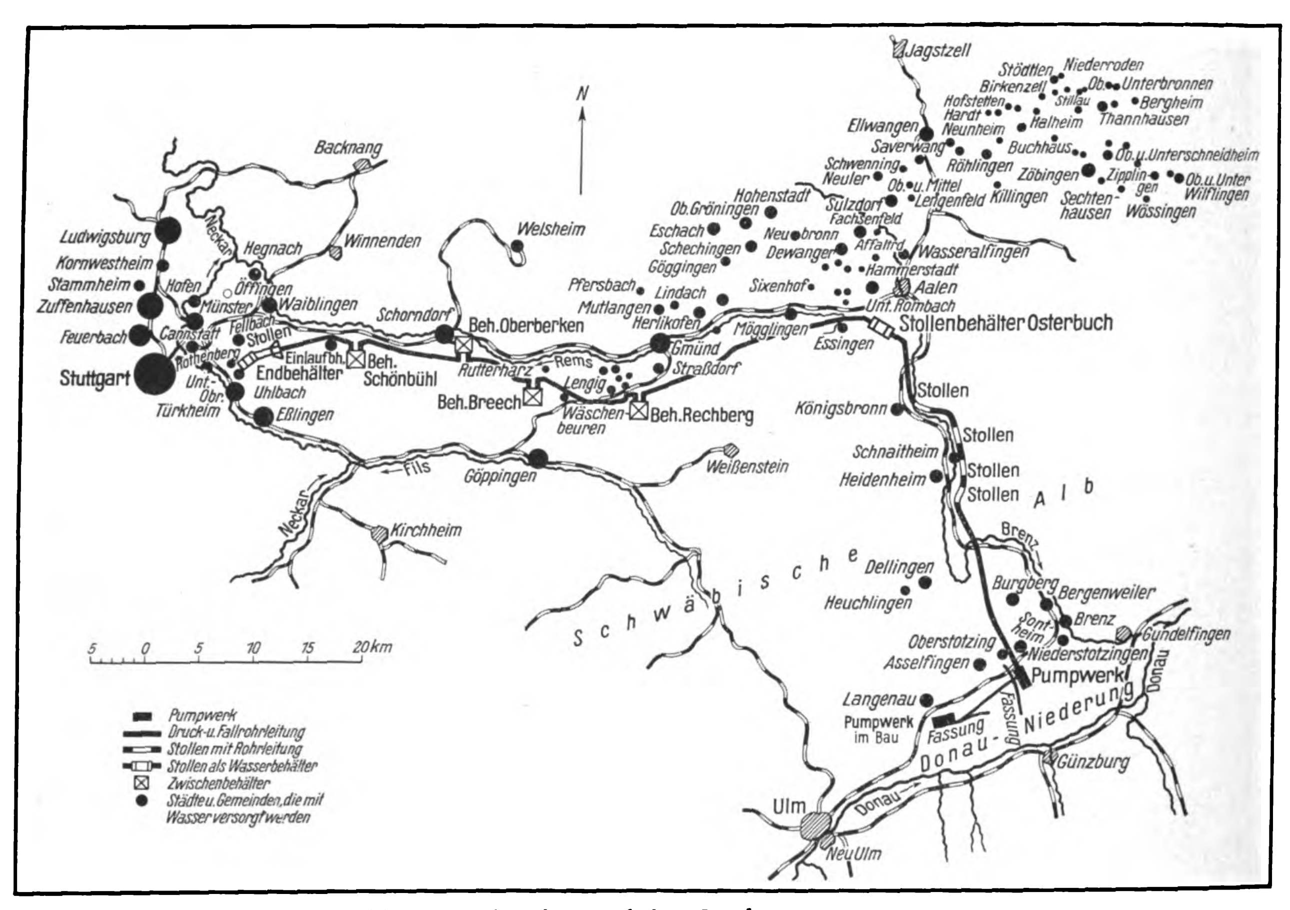


Bild 1. Lageplan der staatlichen Landeswasserversorgung.

Die am weitesten abgelegene Anschlußgemeinde ist etwa 105 km in der Luftlinie von der Pumpstation Nieder-Stotzingen entfernt.



Bild 2. Ansicht des Hauptgebäudes der Förderstation Nieder-Stotzingen.

Wassergewinnung.

Die beträchtlichen Wassermengen werden den Grundwasserströmen der Donauniederung entnommen. Diese wieder werden erzeugt durch die atmosphärischen Niederschläge, die von der Schwäbischen Alb nach den Kies- und Sandschichten des Donautals herabsickern. Das Wasser macht auf dem langen Wege eine gründliche, natürliche Filterung durch und erhält eine angenehme, mittlere Temperatur von etwa 10°. Eine an der Oberfläche liegende Lehmschicht schützt das Wasser gegen Verunreinigungen.

Zur Fassung des Grundwassers dienen zwei räumlich getrennte Brunnenreihen von 2 bzw. 4 km Länge. Die erste Reihe zwischen Nieder-Stotzingen und der bayerischen Landesgrenze enthält 49 Brunnen, die zweite Reihe, die etwa 5 km westlich von der ersten liegt, umfaßt 78 Brunnen, wovon jedoch erst 48 im Betriebe sind. Die einzelnen Rohrbrunnen sind etwa 50 m voneinander entfernt. Ihre lichte Weite beträgt 1000 bzw. 500 mm, ihre Tiefe bis zu 16 m. Die Saugleitungen der Brunnen sind ihrer Lage entsprechend an verschiedene Sammelheberleitungen angeschlossen und können durch Absperrschieber von diesen abgeschaltet werden. Die zwei Heberleitungen der zweiten Fassung

führen zum Vorpumpwerk Langenau. Von hier aus wird das Wasser durch eine Rohrleitung von 650 mm l. W. nach der in der Mitte der ersten Fassung liegenden Förderstation Nieder-Stotzingen gepumpt.

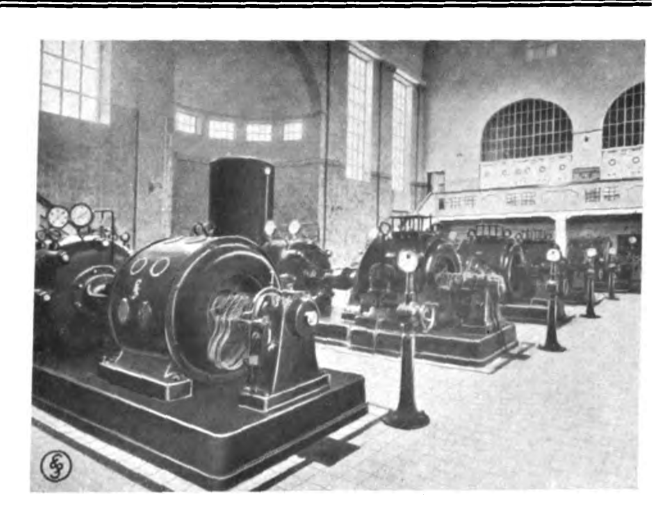


Bild 3. Maschinenraum.

Die Förderstation Nieder-Stotzingen.

Da das Wassergewinnungs- und das Versorgungsgebiet durch die Schwäbische Alb getrennt sind, muß das Wasser künstlich gehoben werden. Dies geschieht in der Hauptförderstation Nieder-Stotzingen. Das dreigliedrige, weithin sichtbare Gebäude bildet das Wahrzeichen der Gegend. In der großen Mittelhalle der Förderstation befinden sich die mit SSW-Hochspannungsmotoren gekuppelten Hochdruckzentrifugalpumpen der Firma Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal. Da sich der Grundwasserspiegel bei starker Förderung absenkt, und eine Saughöhe von 7 m praktisch nicht überschritten werden darf, mußten die Pumpensätze vertieft aufgestellt werden. Das Wasser wird durch Stichleitungen von 500 mm l. W. einer gemeinsamen Verteilerleitung entnommen. Diese ist an einen Saugwindkessel von 2 m Durchmesser und 6,6 m Höhe angeschlossen. In den Windkessel münden die beiden Heberleitungen der ersten Fassung, sowie die von der Pumpstation Langenau kommende Druckleitung. Die im Kessel sich abscheidende Luft wird von Zeit zu Zeit durch eine elektrisch betriebene Luftpumpe abgesaugt. Sämtliche Zentrifugalpumpen arbeiten auf eine gemeinsame Druckleitung. Die Rohrleitungen sind in dem Rohrleitungskeller, der sich unter dem Maschinenhausflur befindet, übersichtlich und zugänglich verlegt.

Die Verwendung von Zentrifugalpumpen.

Für die Wahl von Zentrifugalpumpen war u. a. der Platzbedarf ausschlaggebend. Die Zentrifugalpumpen haben den noch in Frage kommenden Kolbenpumpen gegenüber große Vorteile: Bei gleicher Leistung betragen der Raumbedarf und die Anschaffungskosten oft nur ein Drittel desjenigen der Kolbenpumpe. Die Fundamente sind leichter. Empfindliche Teile, wie Ventile usw., fehlen gänzlich. Die Bedienungs- und Unterhaltungskosten sind geringer. Da keine Metallteile aufeinander gleiten oder reiben, ist ein Verschleiß ausgeschlossen. Die Pumpen können ihrer hohen Drehzahl wegen mit schnell laufenden und daher billigen Elektromotoren direkt gekuppelt werden. Hierbei ist noch zu beachten, daß die schnell laufenden elektrischen Antriebsmaschinen einen bei weitem besseren cos φ und damit eine geringere Blind-

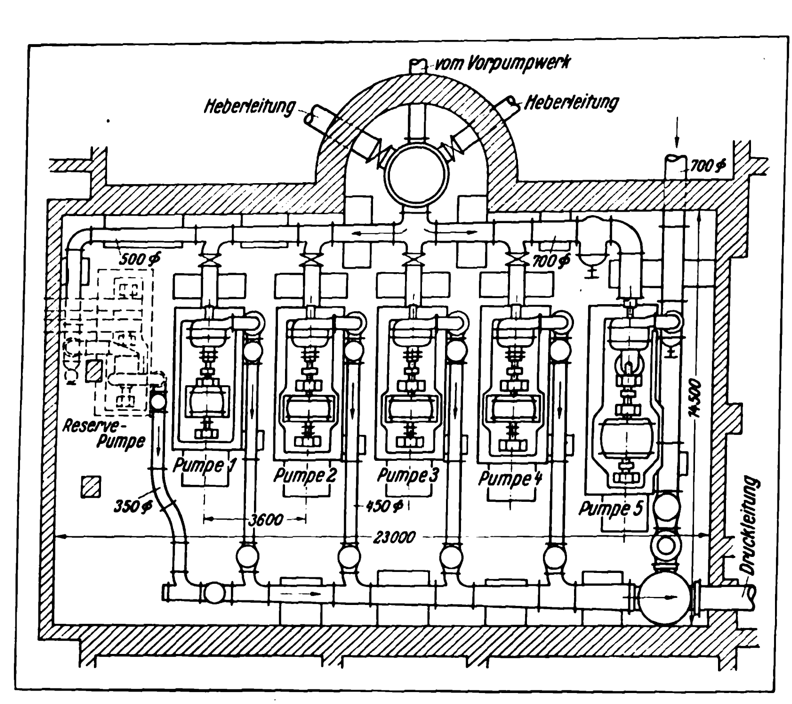


Bild 4. Grundriß des Pumpenhauses.

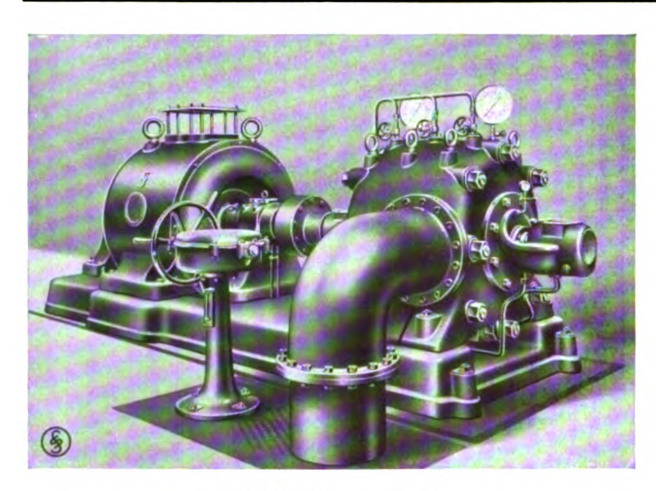


Bild 5. Pumpensatz.

leistungsaufnahme aufweisen als die langsam laufenden. Dies ist besonders wichtig, weil die meisten Elektrizitätswerke heute dazu übergegangen sind, die Blindleistung gesondert von der Wirkleistung zu verrechnen. Den etwas geringeren Wirkungsgrad der Zentrifugalpumpen gegenüber Kolbenpumpen nimmt man ihrer vielen Vorteile wegen gern in Kauf.

Um sich dem schwankenden Wasserbedarf anpassen zu können, wurden fünf Zentrifugalpumpen verschiedener Leistung aufgestellt. Die Pumpen können einzeln für sich betrieben oder auch teilweise parallel geschaltet werden. Wie aus der folgenden Zusammenstellung ersichtlich ist, wird es dadurch möglich, die Fördermenge jeweils den praktischen Bedürfnissen anzupassen und eine Regelung durch Drosselung zu vermeiden.

Pumpe	Fördermenge	Förderhöhe	Motorleistung
1	1100 m³	106 m	540 PS
2	1500 „	117 „	930 „
3	1650 „	118 „	960 „
4	1900 „	125 „	1180 „
5	2300 „	137 „	1500 „
2 + 4	2400 „	139 „	1915 „
2 + 5	2760 „	148 „	2190 „

Falls die elektrische Energie einmal ausbleiben sollte, steht als Reserve eine sechste Pumpe zur Verfügung. Diese wird mittels Riemen durch einen 600 PS 4 Zylinder-Dieselmotor angetrieben. Der Anlaß-Kompressor kann durch eine kleine aus der Druckleitung gespeiste Hochdruckturbine angetrieben werden. Für die Aufstellung des Dieselsatzes, des Brennstoff- und Schmierölbehälters wurde der Südflügel des Gebäudes vorgesehen. Die Inbetriebnahme des Dieselsatzes war bisher nur selten erforderlich.

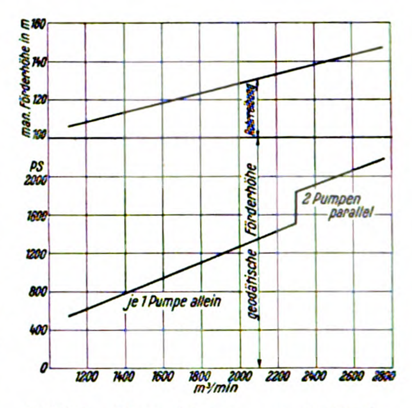


Bild 6. Motorleistung und Förderhöhe in Abhängigkeit von der Fördermenge.

Die Ausführung der Pumpen.

Sämtliche Pumpen sind zweistufig ausgeführt. Die geodätische Förderhöhe beträgt etwa 100 m. Hierzu kommt die je nach der Fördermenge schwankende Widerstandshöhe der Rohrleitung. Diese nimmt infolge des konstanten Querschnitts der Rohrleitung bei großer Durchflußmenge und dadurch bedingter höherer Durchflußgeschwindigkeit des Wassers bedeutend zu. Die manometrische Förderhöhe schwankt zwischen 106

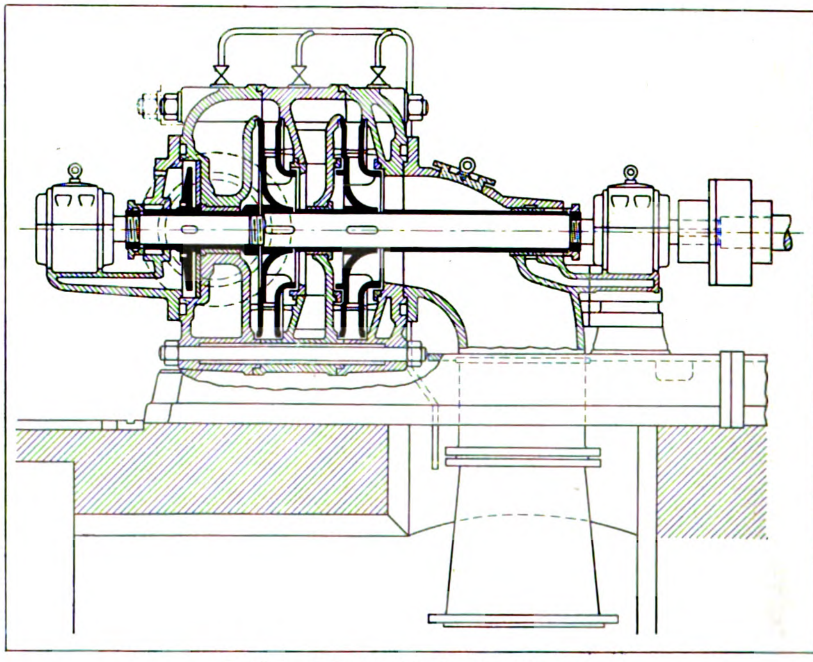


Bild 7. Schnitt durch eine Pumpe.

und 148 m. Auf ein Laufrad entfällt also eine Förderhöhe von 53 bzw. 74 m. Um den höchsten Wirkungsgrad zu erzielen, mußte man die



hydraulischen und mechanischen Verluste möglichst herabsetzen. Dies geschah durch wirbelfreie Wasserführung bei kleinen Geschwindigkeiten ohne scharfe Umlenkungen. Die Schaufelung wurde so entworfen, daß das Wasser ohne Stoß in die Laufkanäle eintritt und beim Durchfluß durch das Schaufelrad die Energie stetig aufnimmt. Die Düsenform der Leitvorrichtung sichert eine möglichst verlustlose Umsetzung der Geschwindigkeitsenergie des aus dem Laufrad austretenden Wassers in Druckenergie. Alle Pumpenteile sind zur Verringerung der Reibungsverluste bearbeitet. Bei der Abnahme der Pumpen wurde denn auch ein Wirkungsgrad von 80% erzielt. Die Welle ist in wassergekühlten Lagern mit seitlichem Spiel gelagert. Die Pumpen sind mit Luftleer- und Druckmesser, einer Entlüftungsvorrichtung, Absperrschieber in der Saug- und Druckleitung sowie mit Rückschlagklappen ausgerüstet. Letztere sollen verhüten, daß beim Versagen des Antriebmotors die Pumpen von der Druckleitung aus als Turbinen betrieben werden. Alle Zentrifugalpumpen sind äußerlich gleichgehalten, viele Teile sind gegeneinander auswechselbar. Welle und Laufrad, die beiden mechanisch am stärksten beanspruchten Teile, sind aus Nickelstahl bzw. Phosphorbronze hergestellt und sorgfältig statisch und dynamisch ausgewuchtet.

Die Fernleitung des Wassers.

Das durch die Pumpen geförderte Wasser wird durch Anschlußleitungen von 450 mm l. W. der Druckleitung von 900 mm l. W. zugeführt. Ein an die Hebeleitungen angeschlossener registrierender Unterdruckmesser und ein mit der Druckleitung verbundener registrierender Druckmesser vervollständigen den Überblick über die hydraulischen Betriebsverhältnisse. An dem selbstschreibenden, elektrisch betriebenen Wasserstandsfernanzeiger läßt sich jederzeit der Wasserstand des Endbehälters der Druckleitung ablesen. Dies ist für den Maschinenwärter von größter Wichtigkeit. Vor Verlassen der Förderstation wird das Wasser durch einen selbstschreibenden Venturi-Wassermesser gemessen.

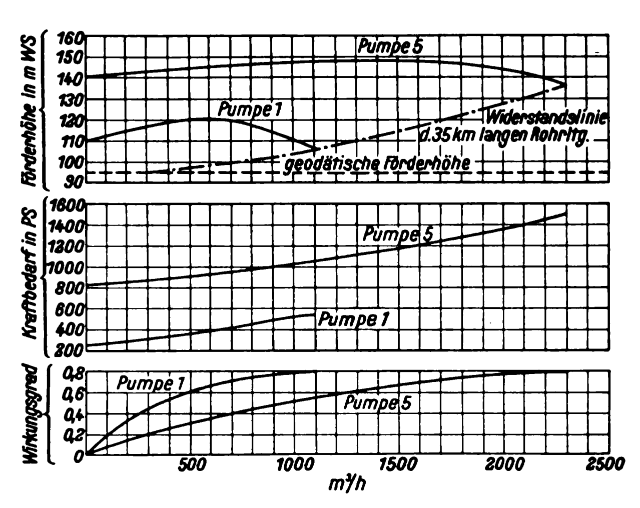


Bild 8. Abnahmeversuche der Zentrifugalpumpen.

Die der Fernleitung des Wassers dienende Rohrleitung zieht von Nieder-Stotzingen aus das Brenz-, Kocher- und Remstal entlang. Diese Leitungsführung erforderte die geringsten Bau- und Förderkosten. Gleichzeitig konnte eine möglichst große Anzahl von Gemeinden vorteilhaft angeschlossen werden. Der Rohrleitungsstrang zerfällt in die Druck- und in die Falleitung. Durch die etwa 36 km lange Druckleitung wird das Wasser auf den Scheitel der Alb in den als Hochbehälter dienenden Osterbuchstollen gepumpt. Von hier aus fließt es in der etwa 60 km langen Falleitung mit natürlichem Gefälle dem Endbehälter bei Stuttgart zu. Beide Zweige haben normal 900 mm Rohrdurchmesser. Strecken mit über 14 at Betriebsdruck wurden jedoch als Doppelleitung mit 2×600 mm l. W. ausgeführt. Zur Herstellung

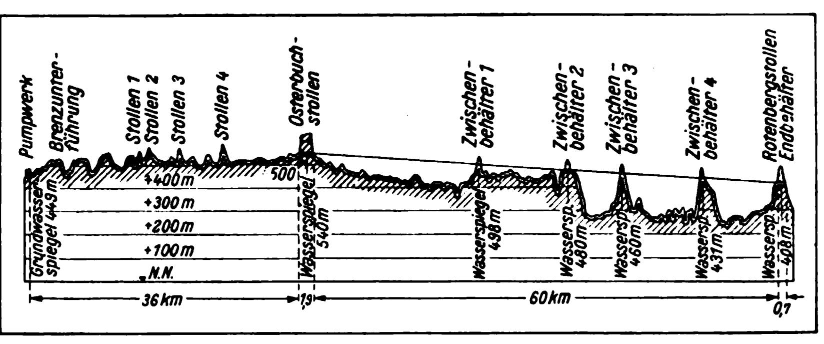
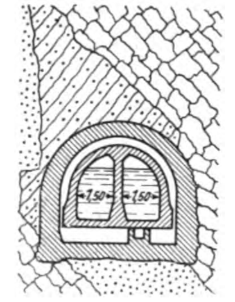


Bild 9. Längsprofil der Fernleitung.

der Leitungen wurden bei Betriebsdrücken bis 14 at gußeiserne, bei höheren Drücken flußeiserne Röhren verwendet.


Bild 10. Der Osterbuchstollen

Durch die Leitungsführung war die Errichtung einer Reihe von Kunstbauten bedingt. So wird die Sperrwand der Schwäbischen Alb durch den schon vorher erwähnten Osterbuchstollen durchbrochen. Das Fassungsvermögen dieses Hochbehälters beträgt bei 1868 m Länge 2,10 m mittlerer Füllhöhe und 3 m mittlerer Breite etwa 12000 m³. Der Stollen ist der Länge nach in zwei Kammern unterteilt, die einzeln oder zusammen gefüllt werden können. An der Einlaufseite befindet sich eine Vorkammer, hier strömt das Wasser über einen vollkommenen Überfall ein. Durch einen selbstschreibenden Pegel wird die Einlaufmenge dauernd registriert.

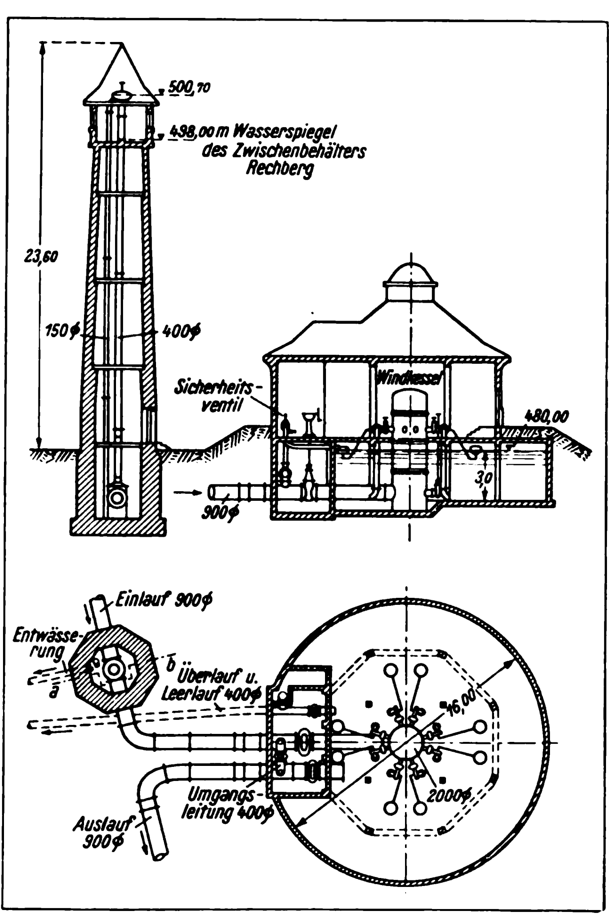


Bild 11. Zwischenbehälter mit Standrohr.

Die Wärterstelle am Stollen und die Pumpstation sind der leichten Verständigung halber durch eine Fernsprechleitung verbunden. An der Ausflußseite des Stollens ist gleichfalls eine Vorkammer vorhanden. Hier sind Bedienungsschieber sowie Leer- und Überlaufeinrichtungen eingebaut.

In der Falleitung wurde durch Verwendung von Zwischenbehältern eine Verringerung der Druckbeanspruchung der Röhren angestrebt. Die Behälter haben je einen Inhalt von etwa 600 m³. Die Zubringerleitungen enden in der Behältermitte in einem Druckkessel. An diesem sind über Wasserspiegelhöhe acht Auslaufstutzen vorgesehen. Jeder Stutzen ist mit einem Absperrventil ausgerüstet. Die Ventile, die durch Schwimmer gesteuert werden, regeln den Zufluß vollkommen selbsttätig. Ist die Wasserentnahme groß, so werden durch die Schwimmer sämtliche Ventile geöffnet, ist sie geringer, so werden sie teilweise geschlossen. Vor den einzelnen Behältern gelegene Pendelleitungen sollen den bei raschem Schließen der Ventile auftretenden Wasserstoß dämpfen. Druck- und Falleitung sind ausgestattet mit den nötigen Entlüftungs- und Entleerungseinrichtungen, mit Absperrschiebern, Rückschlagklappen und Rohrbruch-Selbstschlußventilen. Die letzteren sind unterhalb der Zwischenbehälter angebracht.

Zum Ausgleich der Schwankungen in der Tagesabnahme wurde für das Hauptversorgungsgebiet der Endbehälter gebaut. Dieser befindet sich am Südwestabhang des Kappelberges bei Untertürkheim. Ein Stollenbehälter von 760 m Länge verbindet ihn mit der von Osten kommenden Falleitung. Stollen und Endbehälter fassen zusammen 18000 m³ Wasser. Von dem Endbehälter gehen die drei Hauptleitungen nach Stuttgart, Ludwigsburg und Eßlingen aus.

Die elektrische Ausrüstung der Pumpstation Nieder-Stotzingen.

Beim Antrieb der Zentrifugalpumpen handelte es sich um die Frage, welche Antriebsmaschinen gewählt werden sollten, ob Dieselmotoren, Dampfmaschinen oder Elektromotoren. Nach eingehender Untersuchung entschied man sich für Elektromotoren. Diese verbürgten den einfachsten, zweckmäßigsten und wirtschaftlichsten Betrieb. Der elektrische Strom wird den Wettbewerb mit den anderen Antriebskräften um so nachhaltiger aufnehmen können, je mehr die „weiße bayerische Kohle“ der Wasserkraftwerke ausgenutzt werden kann.



Vorhandene und geplante Hochspannungsleitungen.

Die Pumpstation Nieder-Stotzingen nimmt in bezug auf die Stromversorgung eine äußerst vorteilhafte Lage ein. Die Förderstation wird zwar augenblicklich nur aus dem Hochspannungsnetz der O. E. W. (Oberschwäbische Elektrizitätswerke) mit elektrischer Energie beliefert. Es kann aber auch das Dampfkraftwerk Stuttgart über das in der Nähe befindliche Umspannwerk der Wulag (Württembergische Landes-Elektrizitäts-Gesellschaft) auf die Sammelschienen der Station Nieder-Stotzingen arbeiten. Ferner sind die Vorbereitungen bereits so weit gediehen, daß eine vom Walchensee-Kraftwerk kommende 100 kV-Leitung in das Umspannwerk der Wulag eingeführt werden kann. Eine weitere im Bau begriffene, von den Lechwerken ausgehende 100 kV-Leitung soll über eine geplante Freilufttransformatorenstation mit dem Netz der O. E. W. gekuppelt bzw. in die Förderstation eingeführt werden. Durch diese weitgehende innige Vermaschung der Hochspannungsleitungen wird die Betriebssicherheit der Pumpstation ganz außerordentlich gesteigert werden. Die als Reserve vorhandene Dieselmotorenanlage wäre dann überflüssig. Fällt eine Leitung aus, so kann sofort eine andere die Energieversorgung übernehmen.

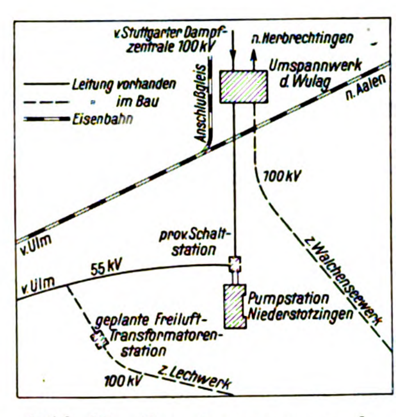


Bild 12. Energieversorgung der Pumpstation Nieder-Stotzingen.

Bild 13. Gesamtschaltbild.

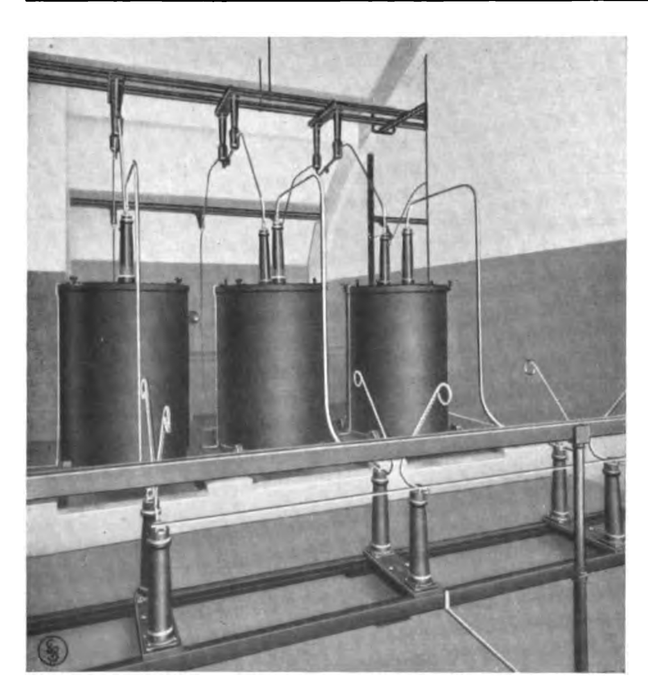


Bild 14. Überspannungsgrobschutz.

Vorteilhaft wird man die Hauptförderung auf die Nachtstunden verlegen, um den billigen Nachtstrom der Wasserkraftwerke zu verwenden. Gegenwärtig verhält sich die Tagesförderung zur Nachtförderung wie 1:3. Dies wurde nur durch den Bau der großen Wasserspeicher ermöglicht.

Die elektrische Energie wird als Drehstrom von 55 kV und 50 Per zugeführt. In der Pumpstation wird diese Spannung für den Antrieb

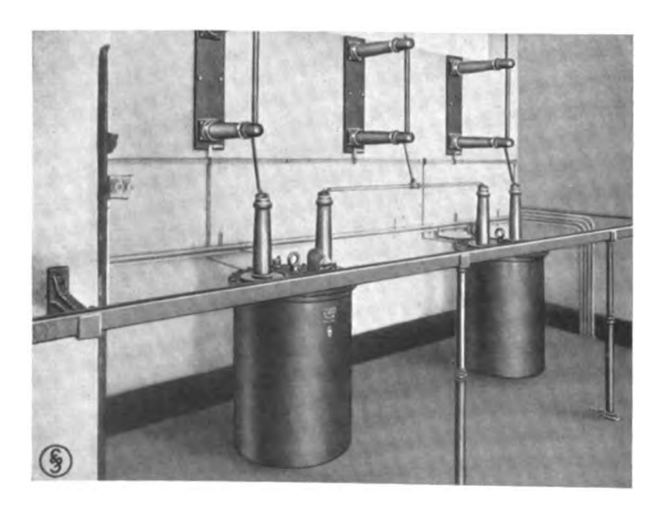


Bild 15. Spannungswandler.

der Motoren auf 5000, und für die Beleuchtung und Kleinmotoren auf 220/380 V heruntertransformiert.

Die 55 kV-Schaltanlage.

Überspannungsschutz. Um die Anlage gegen das Eindringen von Wanderwellen aus dem Netz zu schützen, sind unmittelbar hinter den im Dachgeschoß befindlichen Kondensatordurchführungen Flachbanddrosselspulen in die Leitung eingeschaltet. Die durch atmosphärische Störungen, Schaltvorgänge, Erdschlüsse usw. hervorgerufenen Sprungwellen werden durch die Drosselspulen unter Erhöhung der Spannung auf den doppelten Wert zurückgeworfen. Ein Zurückeilen der Wanderwellen in das Netz wird durch den vor den Drosselspulen abgezweigten Überspannungsgrobschutz verhindert. Dieser besteht aus drei Hörner-Blitzableitern mit dahintergeschalteten Widerständen, die zur besseren Isolation und Wärmeaufnahme in Öl gelagert sind. Beim Auftreten von Überspannungen werden die je zwischen Phase und Erde befindlichen Funkenstrecken überschlagen, die Wanderwellen werden zur Erde abgeleitet, ihre Energie wird in den Widerständen in Wärme umgesetzt. Die Widerstände haben außerdem den Zweck, den der Entladung folgenden Erdstrom zu begrenzen.

Leistungsmessung. Die ankommende Leistung wird der Kontrolle wegen doppelt gemessen. Die Meßgeräte sind über Wandler an die Leitung angeschlossen. Die im V geschalteten Spannungswandler sind in einer besonderen Zelle im 2. Stock des Gebäudes untergebracht. Der Anschluß an die einzelnen Phasen erfolgt über Sicherungen und Widerstände. Letztere haben den Zweck, einen etwa auftretenden Kurzschlußstrom auf das zulässige Maß herabzusetzen.

Die Röhrensicherungen würden, da sie nur eine bestimmte Leistung abschalten können, ohne die Vorschaltwiderstände bei einem Kurzschluß explodieren.

Die Stromwandler sind als Durchführungswandler ausgebildet. Bei Kurzschlüssen im Primärkreis erleiden sie keinerlei mechanische Beschädigungen. Da jegliche Füllmasse fehlt, ist ein Verbrennen ausgeschlossen. Der Einbau der Wandler als Durchführungen erspart den Bau besonderer Stromwandlerzellen.

Ölschalter. Ein im Erdgeschoß befindlicher, mit Schutzwiderständen ausgestatteter Dreikessel-Ölschalter dient zum Schalten des Netzes auf

die Sammelschienen. Die Schaltvorrichtung wirkt derart, daß beim Anheben der Kontaktzungen Stromschluß zunächst nur über die Schutzwiderstände eintritt. Hierdurch werden die beim Einschalten von Transformatoren sonst leicht auftretenden Stromstöße vermieden. Beim Weiterbewegen der Zungen in die Betriebsstellung werden die Vorschaltwiderstände kurz geschlossen. Der Schalter ist mit Überstrom- und Spannungsrückgangsauslösern versehen, die Auslösezeit kann von Hand eingestellt werden. Die Schaltstellung wird jeweils durch Meldelampen angezeigt. Unter den einzelnen Kesseln sind ebenso wie bei den Transformatoren und den Öldämpfungswiderständen Ölmulden vorgesehen. In diesen sammelt sich bei einer Explosion das Öl und fließt durch einen Kanal einem Sammelbehälter zu. Durch beiderseits angeordnete Drehtrennschalter kann der Ölschalter zwecks Vornahme von Reparaturen oder zwecks Auswechslung vollkommen spannungslos gemacht werden.

An die im 2. Stock untergebrachten 55 kV-Sammelschienen ist ein weiterer Hörnerableiter zum Schutz gegen Überspannungen angeschlossen. Dieser sogenannte Feinschutz besteht ebenfalls aus Funkenstrecken mit vorgeschalteten Öldämpfungswiderständen. Auftretende Überspannungen können sich nicht nur zwischen Phase und Erde, sondern auch zwischen Phase und Phase ausgleichen. Dies ist besonders wichtig für die Vernichtung von Überspannungen, die bei Schaltvorgängen auftreten können. Die zugehörigen Schutzdrosselspulen sind zwischen den Sammelschienen und den Transformatoren in die Leitung eingefügt.

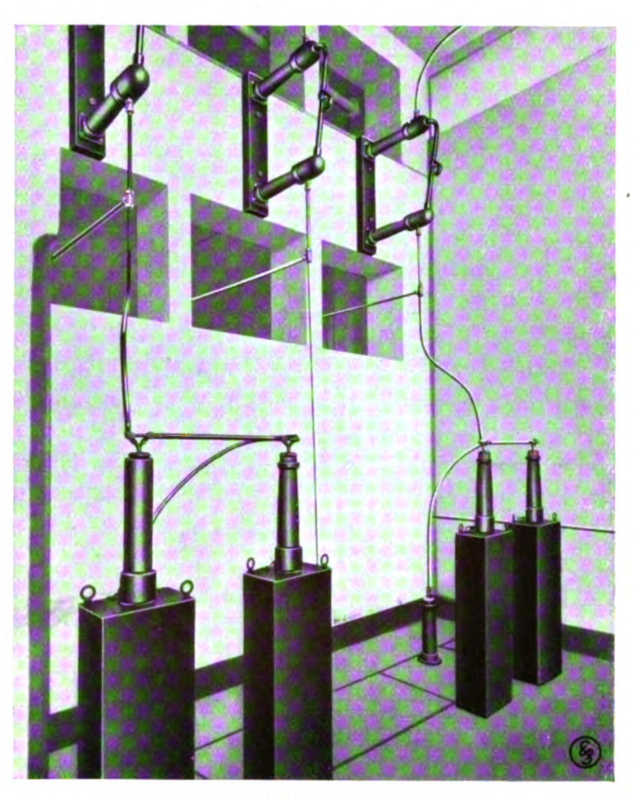


Bild 16. Durchführungsstromwandler.

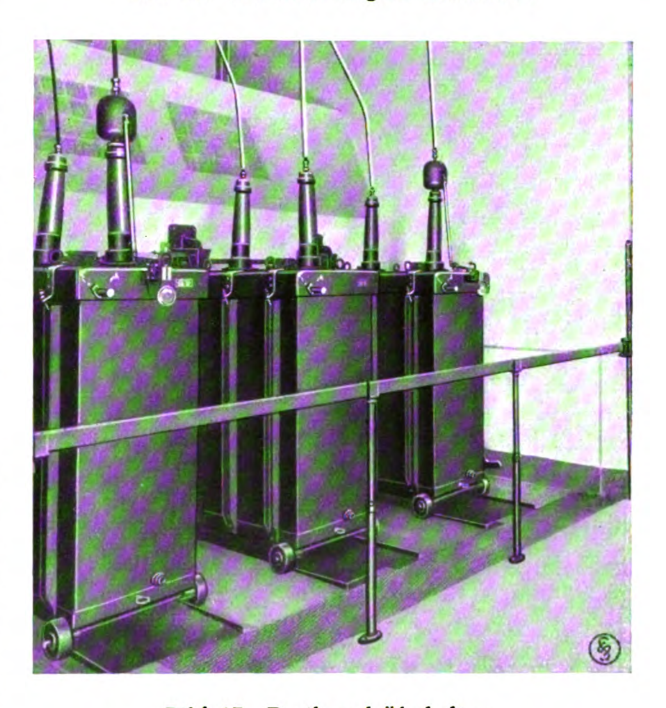


Bild 17. Dreikessel-Ölschalter.

Transformatoren. Die zwei vorhandenen Transformatoren von 1100 bzw. 3000 kVA können je nach Bedarf einzeln oder parallel auf die 5 kV-Sammelschienen arbeiten. Ihre Eingangsspulen sind für die volle Betriebspannung isoliert. Die in der Wicklung und im Eisen erzeugte Wärme wird an der durch das Wellblech vergrößerten Kesseloberfläche durch die vorbeistreichende Luft abgeführt. Die Transformatoren arbeiten fast geräuschlos, da die Blechpakete durch isolierte Bolzen fest zusammengepreßt werden. Die Röhrenwicklung ist gegen auftretende Kurzschlußkräfte durch eine stabile, nachziehbare Verspannung abgesteift. Durch genügend weite Kühlkanäle werden sowohl das Eisen als auch die Spulen vom Öl bespült. Die Transformatoren gehören der Kerntype an. Sie sind primär und sekundär in Stern geschaltet.

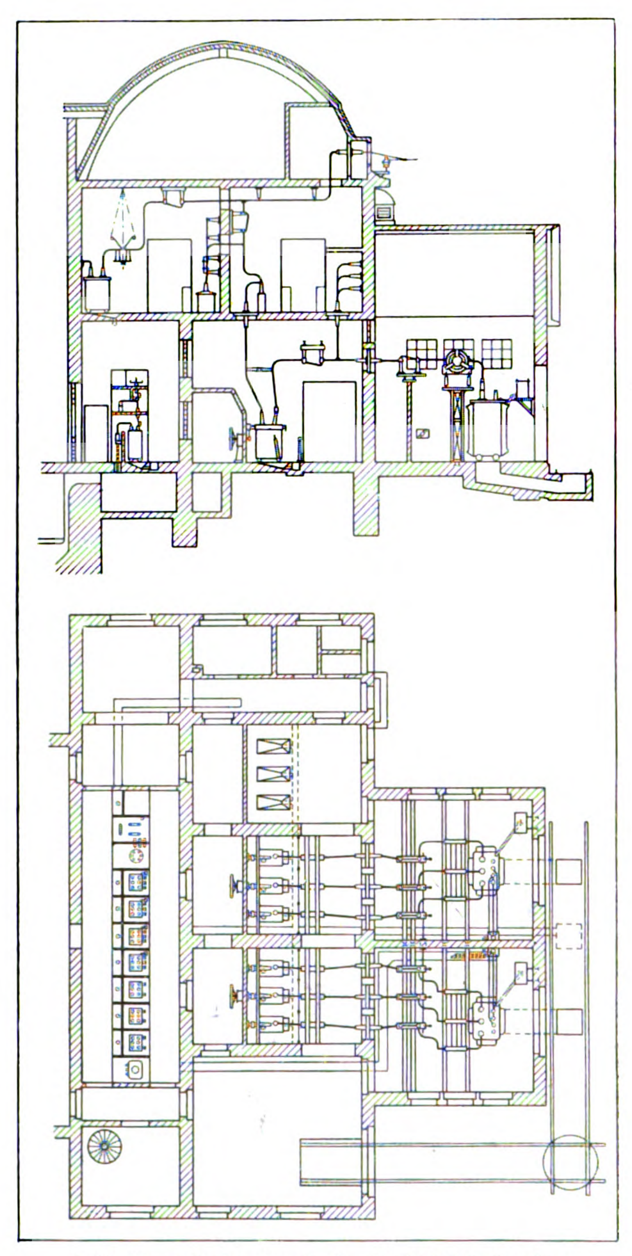


Bild 18. Schnitt durch die 55 kV-Schaltanlage.

Der Wirkungsgrad bei Vollast und cos $\varphi = 1$ beträgt ungefähr 98%. Die Kupferverluste verhalten sich zu den Eisenverlusten wie 2 : 1. Um sich der schwankenden Netzspannung anpassen zu können, sind unterspannungsseitig zwei Anzapfungen herausgeführt. Durch Öl-Konservatoren wird die dem Öl äußerst schädliche Luft vom Kesselinnern ferngehalten. Das im Konservator sich abscheidende Wasser kann von Zeit zu Zeit entfernt werden. Bei Nichtvorhandensein der Konservatoren dringt die Luft infolge des „Atmens" der Transformatoren in diese ein. Das stark hygroskopische Öl saugt gierig die Feuchtigkeit auf, die Durchschlagsfestigkeit wird hierdurch auf einen Bruchteil der normalen herabgesetzt. Durch Oxydation bildet sich außerdem Ölschlamm, der die Wärmeabfuhr verhindert und leicht Kriechwege erzeugt.

Bei der Ausführung der 55 kV-Anlage wurde besonderer Wert auf einfache Leitungsführung gelegt. Außerdem wurde bei allen Apparaten streng darauf geachtet, daß bei der hohen Spannung keine unzulässige Strahlung auftrat. Es wurden deshalb alle Anschlüsse mit abgerundeten Metallkappen von großem Durchmesser abgeschirmt. Alle 55 kV-Leitungen sind unabhängig von der geführten Stromstärke als 20 mm-Messingrohr verlegt. Infolgedessen ist in der Anlage auch nicht das geringste Sprühgeräusch zu hören. Sämtliche 55 kV-Durchführungen der Schalter und Transformatoren sind nach dem Kondensatorprinzip gebaut. Zur Isolation der 55 kV-Anlage dient Repelit Serie VI, bei der 5 kV-Anlage Porzellan Serie II.

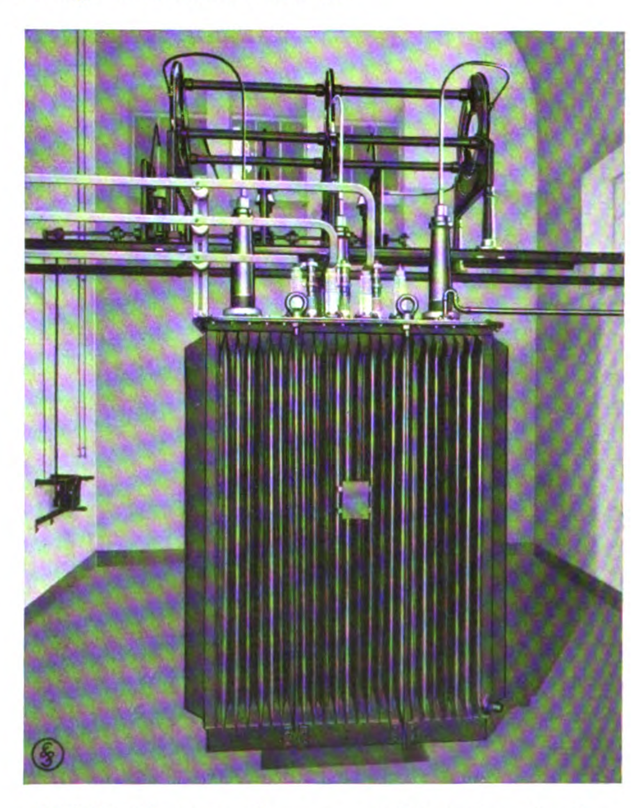


Bild 19. Haupttransformator mit Schutzdrosselspulen.

Von einem Zentralpunkt aus läßt sich durch eine elektrische Fernthermometeranlage die Öltemperatur der Ölschalter, Transformatoren und

Dämpfungswiderstände ablesen. Fehler können so rechtzeitig bemerkt und beseitigt werden.

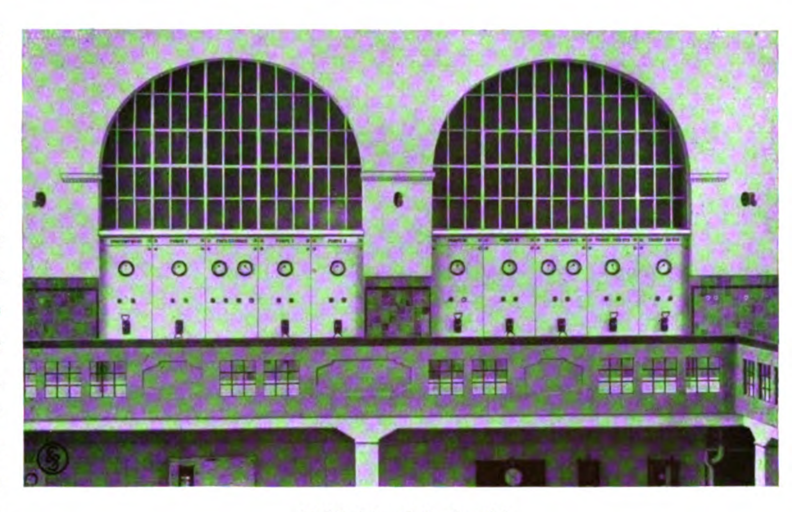


Bild 20. Schalttafel.

Die 5 kV-Schaltanlage.

Von den Transformatoren führen verseilte Hochspannungskabel zu der 5000 V-Schaltanlage. Ein jeder Transformator ist über Ölschalter, Stromwandler und Trennschalter an die 5 kV-Sammelschienen angeschlossen. Diese sind in einem Schaltgerüst untergebracht. Vor und hinter dem Schaltgerüst befindet sich ein Bedienungsgang. Die Sammelschienen sind durch sämtliche Zellen geführt. Die Motorschaltzellen enthalten je drei Trennschalter, einen Stromwandler und einen Ölschalter mit Überstrom- und Spannungsrückgangsauslösung. Die Ölschalter werden mittels Steigbügelantrieb und Gestänge von der Schalttafel aus bedient. Für die von den Transformatoren kommenden Kabel und die zugehörigen Ölschalter sind zwei Zellen vorgesehen. Für die Beleuchtung, zum Speisen der Auslösespulen, der Signallampen und der Nebenbetriebe der Station ist ein 60 kVA-Transformator aufgestellt. Als Reserve dient eine Akkumulatorenbatterie, die mittels Zellenschalter durch einen Motorgenerator aufgeladen wird. Bei Ausbleiben der Drehstromnetzspannung werden die wichtigsten Beleuchtungskreise selbsttätig auf die Batterie umgeschaltet. Von den 5 kV-Sammelschienen zweigt außerdem über einen Ölschalter die Freileitung nach dem Vorpumpwerk Langenau ab. Auch diese Leitung ist an beiden Enden durch Hörnerwiderstände gegen Überspannungen geschützt. An die 5 kV-Sammelschienen ist ferner ein Sterndreieckschutz angeschlossen.

Die 10feldrige Schalttafel ist in die Nordwand des Pumpenraums eingelassen. Ein Feld ist für die ankommende Freileitung, fünf weitere Felder sind für die Pumpenmotoren vorgesehen. Auf den Motorfeldern sind je ein Strommesser, zwei Ölschalter-Meldelampen und der Steigbügelantrieb untergebracht. Ein Feld dient der Spannungsmessung der Hochspannungseite, die restlichen drei Felder sind für die drei Transformatoren vorgesehen. Die Schalttafel ist durch die geschickte Anordnung der Meßgeräte und Schalter äußerst übersichtlich.

Die Antriebsmotoren.

Die Antriebsmaschinen der Pumpen sind normale Drehstrommotoren mit 1000 Umdr/min. Die Leistung des größten beträgt gegenwärtig 1600 kW. Die Motoren haben Schleifringläufer und Bürstenabheber. Für die Bürsten ist Bronzekohle verwendet. Ständer und Läufer sind einteilig. Die Läuferbleche sind auf eine Nabe bzw. einen Armstern aufgezogen, so daß jederzeit die Welle ausgewechselt werden kann. Die unter Vakuum getrocknete und compoundierte Wicklung bietet genügenden Schutz gegen normale Feuchtigkeit. Auch das letzte Luftbläschen wird durch die Compoundierung und Umbügelung mit Mikanit aus der Wicklung entfernt. Die Glimmererscheinungen werden hierdurch auf ein Mindestmaß herabgesetzt. Der Luftspalt ist so groß gewählt, daß bei gutem Leistungsfaktor volle Betriebsicherheit gewährleistet wird. Welle und Lager sind für das 2,5fache des normalen Drehmoments bemessen. Die Lager selbst haben Schmierringölung und teilweise Wasserkühlung. Die Lagerschalen sind aus Weißmetall. Eine vorübergehende Drehzahlerhöhung um 15 % wird von den Maschinen ausgehalten. Ständer wie Läufer enthalten genügend Ventilationskanäle, so daß die Kühlung durch Selbstlüftung erfolgt. Der Ständer hat offene Nuten mit Spreizkeilen. Der cos φ bei Vollast beträgt 0,9, der Wirkungsgrad etwa 94 %. Die Änderungen des Wirkungsgrades

zwischen Halblast und Vollast sind geringfügig.

Anlasser. Die Motoren werden mit Hilfe von Flüssigkeitsanlassern, die im Keller aufgestellt sind, angelassen und mittels Handrad und Blockkette vom Maschinenraum aus bedient. Ein auf der Antriebsäule befestigter Stromzeiger erleichtert dem Bedienungspersonal die Beobachtung des Motors. Als Widerstand dient Sodawasser.

Die Anlasser haben drei voneinander isolierte Gefäße, die an die Schleifringe der Motoren angeschlossen sind. Die untereinander verbundenen Sichelelektroden bilden den Sternpunkt des Anlassers. Durch das Hereindrehen der Sicheln wird der Läuferwiderstand stetig verringert und schließlich kurzgeschlossen. Um die Ständerwicklung gegen Überspannungen und damit gegen Beschädigung zu schützen, dürfen die Anlasser nicht ganz abschaltbar sein. Sie sind deshalb mit Parallelwiderständen versehen.

Die Pumpen laufen wie üblich gegen den geschlossenen Schieber an. Schon auf den ersten Anlasserstufen wird jedoch eine Umgehungsleitung des Absperrschiebers geöffnet und so eine ganz geringe Förderung eingeleitet. Hierdurch wird der Druck auf Vorder- und Rückseite des Schiebers ausgeglichen. Bei geschlossenem Schieber wäre es unmöglich, ihn nach dem Anlauf des Motors von Hand zu öffnen.

Der weitere Ausbau der staatlichen Landeswasserversorgung.

Ursprünglich war beabsichtigt, bei der ersten Fassung auf Gemarkung Nieder-Stotzingen und gleichzeitig bei der 5 km davon gelegenen zweiten Wassergewinnungsstelle auf Gemarkung Langenau je ein selbstständiges Förderwerk zu errichten. Jedes sollte für sich in der Lage sein, das gesamte Wasser unmittelbar nach dem 36 km entfernten Auslaufbehälter zu pumpen. Infolge des Krieges kam nur die Förderstation Nieder-Stotzingen zur Ausführung. Man begnügte sich mit der Errichtung der provisorischen Pumpstation Langenau. Erst im Jahre 1924 wurde der Bau der zweiten Pumpstation wieder erwogen und im Frühjahr des Jahres 1925 der Auftrag vergeben. Die Pumpstation Langenau wird im großen und ganzen ein Abbild der Station Nieder-Stotzingen sein. Auch diesmal wird die gesamte elektrische Ausrüstung von den Siemens-Schuckertwerken geliefert. Über die technischen Neuerungen beim Bau dieser Station wird später zu berichten sein.

Die Station Nieder-Stotzingen wurde gleich in den ersten Betriebsjahren auf eine harte Probe gestellt. Im wasserarmen Sommer des Jahres 1921 stieg die tägliche Förderleistung auf 65000 m^3. Die Pumpstation zeigte sich jedoch allen an sie gestellten Anforderungen gewachsen. Die ganze ausgedehnte Anlage hat bisher einwandfrei zur vollsten Zufriedenheit der staatlichen Landeswasserversorgung gearbeitet.

Berechnung der Übertragungsverhältnisse für parallele Drehstromleitungen

Von Oberingenieur O. Burger, Abtlg. Zentralen der SSW.

Häufig tritt die Frage auf, wie sich die Last einer Drehstromkraftübertragung verteilt, wenn sie aus mehreren verschiedenartigen parallelen Leitungen besteht, verschiedenartig sowohl in bezug auf Länge, Querschnitt, Leiterabstand u. dgl. und auch in bezug auf die Ausführung: Kabel und Freileitungen. In den folgenden Zeilen wird angegeben, wie man solche Drehstromübertragungen berechnen kann. Es sind zwei Rechnungsweisen möglich, und zwar:

1. ein analytisches Verfahren, und
2. ein graphisches Verfahren.

I. Analytisches Verfahren.

Es seien p parallele Leitungen vorhanden (Bild 1); für jede von ihnen sind die Leitungskonstanten bekannt. Für die Leitung x seien sie beispielsweise: der Ohmsche Widerstand: r_x Ohm (Resistanz), der induktive Widerstand: s_x Ohm (Induktanz). Die Wirkungen der Kapazität und der Ableitungen sollen hier vernachlässigt werden, da sie in den meisten Fällen keine große Rolle spielen und ihre Berücksichtigung die Aufgabe zu stark komplizieren würde. Mit den angegebenen Werten bestimme man zunächst die Impedanzen



(1) $$z_x = \sqrt{r_x^2 + s_x^2}$$

in Ohm (Bild 2) und den Impedanzwinkel

(2) $$\gamma_x \text{ aus } \operatorname{tg} \gamma_x = \frac{s_x}{r_x}.$$

Ebenso berechnet man sämtliche Werte für die Leitungen 1 bis p. Die resultierende Impedanz, d. h. die ideelle Impedanz, die allen parallel geschalteten Impedanzen gleichwertig ist, muß nun errechnet werden.

Nach dem Kirchhoffschen Gesetz ist beispielsweise im Punkte B (Bild 1) der Verbraucherstrom $\mathfrak{I}$ gleich der Summe der Teilströme, d. h.:

(3) $$\mathfrak{I} = \mathfrak{i}_1 + \mathfrak{i}_2 + \ldots + \mathfrak{i}_p.$$

Zwischen den Punkten A und B besteht eine Spannungsdifferenz: e. Für die einzelnen Teilleitungen ist:

(3a) $$e = \sqrt{3} \cdot \mathfrak{i}_1 \, \mathfrak{z}_1 = \sqrt{3} \cdot \mathfrak{i}_3 \cdot \mathfrak{z}_3 = \ldots = \sqrt{3} \cdot \mathfrak{i}_p \cdot \mathfrak{z}_p$$

und ebenso auch für die resultierende ideelle Leitung:

(3b) $$e = \sqrt{3} \cdot \mathfrak{I} \cdot \mathfrak{Z},$$

beziehungsweise ist

(3c) $$\mathfrak{i} = \frac{e}{\sqrt{3} \cdot \mathfrak{z}_1},\ \mathfrak{i} = \frac{e}{\sqrt{3} \cdot \mathfrak{z}_2} \text{ usw. und } \mathfrak{I} = \frac{e}{\sqrt{3} \cdot \mathfrak{Z}},$$

und daraus folgt durch Einsetzen in Gleichung (3) und Multiplikation der Gleichung mit $\frac{\sqrt{3}}{e}$:

(3d) $$\frac{1}{\mathfrak{Z}} = \frac{1}{\mathfrak{z}_1} + \frac{1}{\mathfrak{z}_2} + \ldots + \frac{1}{\mathfrak{z}_x} \ldots + \frac{1}{\mathfrak{z}_p} = \text{abgekürzt } \Sigma \frac{1}{\mathfrak{z}_x}.$$

Die einzelnen Summanden sind Vektoren und lassen sich daher nicht arithmetisch, sondern nur geometrisch addieren. Rechnerisch verfährt man so, daß man diese Summanden in Wirk- und Blindwerte zerlegt und nun die addierbaren in gleiche Richtung fallenden Komponenten addiert und damit einen entsprechenden resultierenden Wert bildet.

Aus dem Wirkwert:

(4) $$\frac{\cos \gamma}{Z} = \Sigma \frac{\cos \gamma_x}{z_x} = \Sigma \frac{r_x}{z_x^2} = a$$

und dem Blindwert:

(5) $$\frac{\sin \gamma}{Z} = \Sigma \frac{\sin \gamma_x}{z_x} = \Sigma \frac{s_x}{z_x^2} = b$$

erhält damit die resultierende Impedanz:

(6) $$Z = \sqrt{\frac{1}{a^2 + b^2}} \text{ in Ohm,}$$

den resultierenden Ohmschen Widerstand (Resistanz):

(7) $$R = a \cdot Z^2 = \cos \gamma \cdot Z \text{ Ohm,}$$

und den resultierenden induktiven Widerstand (Induktanz):

(8) $$S = b \cdot Z^2 = \sin \gamma \cdot Z \text{ Ohm.}$$

Der resultierende Impedanzwinkel ergibt sich aus:

(9) $$\operatorname{tg} \gamma = \frac{S}{R} = \frac{b}{a}.$$

Nun muß man zur Bestimmung der Ströme bzw. der Scheinleistungen, die durch jede der einzelnen Leitungen fließen, folgende Rechnung anstellen:

(10) $$i_x = \frac{I \cdot Z}{z_x} \text{ Ampere und } N_{sx} = \frac{N_s \cdot Z}{z_x} \text{ kVA}$$

und ebenso alle Werte für die Leitungen 1—p. Hierin bedeuten: I den Gesamtstrom, N_s die gesamte zu übertragende Scheinleistung, i_x und N_{sx} die entsprechenden Werte der Leitung x.

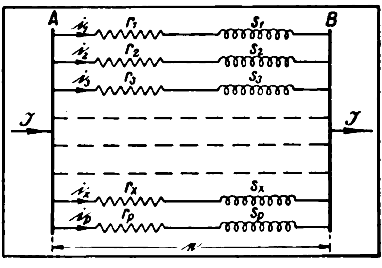


Bild 1. p parallele Leitungen mit ihren Leitungskonstanten.

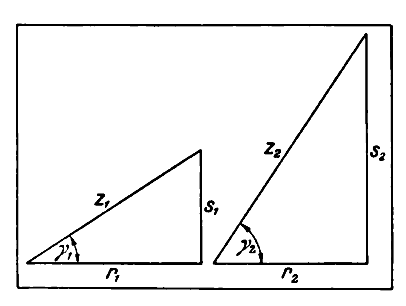


Bild 2. Bildung der Impedanzdreiecke.

Von Wichtigkeit ist es nun, die Phasenwinkel jedes einzelnen dieser Ströme festzustellen und zwar den Phasenwinkel gegenüber der Endspannung. Dieser Winkel errechnet sich wie folgt: Es sei $\cos \varphi$ der Leistungsfaktor der zu übertragenden Leistung am Ende der parallelen Leitungsstrecke, dann ist

(11) $$\beta = \gamma - \varphi$$

der Phasenwinkel zwischen der Richtung der Endspannung und der Richtung des Gesamtspannungsverlustes (Bild 3). Nachdem man nun

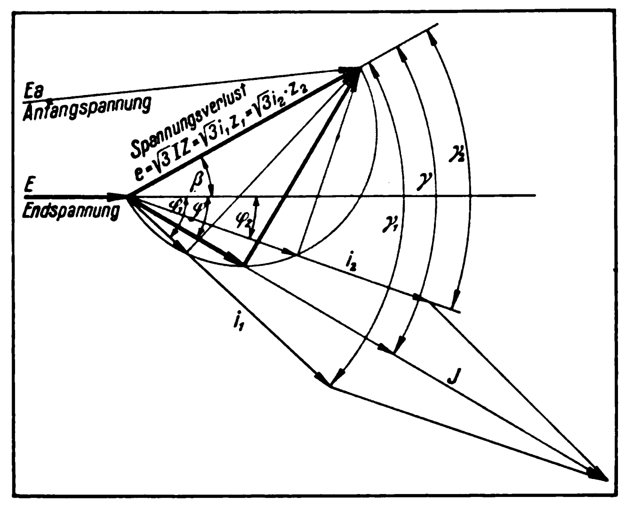


Bild 3. Strom- und Spannungsdiagramm für 2 parallele Leitungen.

den Winkel β ermittelt hat, kann man die Phasenwinkel der Teilströme ohne weiteres bestimmen. Für den Leiter x ist er beispielsweise:

(12) $$\varphi_x = \gamma_x - \beta.$$

Es sind nunmehr sämtliche Größen bestimmt, die zu suchen waren.

Mit der Betriebsspannung E kV und den Teilströmen i_1, i_2 .... i_x ... i_p und $\cos\varphi_1$, $\cos\varphi_2$ ... $\cos\varphi_x$ ... $\cos\varphi_p$ ergeben sich die Teilleistungen, beispielsweise für den Leiter x:

(13) $$N_x = \sqrt{3} \cdot i_x \cdot E \cdot \cos\varphi_x \text{ usw.}$$

Mit den Werten: I = Gesamtstrom, N Wirkleistung, N_s Scheinleistung und den Widerstandswerten R, S und Z erhält man

den Gesamtspannungsverlust:

(14) $$e = \sqrt{3} \cdot I \cdot Z = \frac{N_s}{E} \cdot Z \text{ Volt}$$

den Ohmschen Spannungsverlust:

(15) $$e_r = \sqrt{3} \cdot IR = \frac{N_s}{E} \cdot R \text{ Volt}$$

(16) $$e_s = \sqrt{3} \cdot I\,S = \frac{N_s}{E} \cdot S \text{ Volt.}$$

Angenähert ist dann der Spannungsverlust:

(17) $$\varepsilon_v = \frac{N}{10 \cdot E^2} (R + S \operatorname{tg}\varphi) \text{ in } \%.$$

Am besten ersieht man die Rechnungsweise aus einem **Beispiel**. Es seien folgende Daten gegeben:

Es sind zu übertragen N = 2000 kW Drehstrom, Frequenz 50 bei einem Leistungsfaktor $\cos\varphi = 0{,}8$ ($\varphi = 36^\circ\,52'$) mit der Betriebsspannung 10 kV durch zwei parallele Leitungen, und zwar:

a) eine Freileitung mit einer Streckenlänge von 10 km, einem Querschnitt von $3 \cdot 70$ mm² Kupfer und einem gegenseitigen Abstand der drei Leitungen unter sich von 150 cm. Daraus errechnet sich:

$$r_F = \frac{17{,}5}{66} \cdot 10 = 2{,}65 \text{ Ohm}^{1)}$$

$$s_F = 0{,}1447 \cdot \lg \frac{150}{0{,}78\,\varrho} = 3{,}71 \text{ Ohm}^{1)}$$

und aus diesen Werten wieder die Impedanz:

$$z_F = 4{,}56 \text{ Ohm}$$

und der Impedanzwinkel:

$$\varphi_F = 54^\circ\,30' \text{ aus } \operatorname{tg}\varphi_F = 1{,}40;$$

b) eine Kabelleitung mit einer Streckenlänge von 6 km, einem Querschnitt von $3 \cdot 50$ mm² Kupfer, einer Induktivität je Phase $\mathfrak{l} = 2{,}2 \cdot 10^{-4}$ Henry/km.

Es ergibt sich:

$$r_K = \frac{17{,}5}{48} \cdot 6 = 2{,}19 \text{ Ohm}^{1)}$$

$$s_K = \frac{314 \cdot 2{,}2}{10000} \cdot 6 = 0{,}415 \text{ Ohm}^{1)}$$

und daraus wieder die Impedanz:

$$z_K = 2{,}23 \text{ Ohm}$$

und der Impedanzwinkel:

$$\varphi_K = 10^\circ\,44' \text{ aus: } \operatorname{tg}\varphi_K = 0{,}1895.$$

Mit all diesen Werten bestimmt man jetzt an Hand der oben angegebenen Formeln die resultierenden Werte:

1. Impedanz: Z = 1,60 Ohm,
2. Ohmscher Widerstand (Resistanz): R = 1,455 Ohm,
3. Induktiver Widerstand (Induktanz): S = 0,67 Ohm.

Der Impedanzwinkel beträgt:

$$\gamma = 24^\circ\,43' \text{ aus } \operatorname{tg}\gamma = 0{,}461.$$

Der Phasenwinkel zwischen Endspannung und Richtung des Gesamtspannungsverlustes beträgt:

$$\beta = \gamma - \varphi = 24^\circ\,43' - 36^\circ\,48' = -12^\circ\,5'.$$

Nun bestimmt man die Ströme in den einzelnen Leitungen.

[1]) Siemens-Zeitschrift 1924, S. 17 u. ff. und Sonderdruck 2032.



1. Der Gesamtstrom beträgt:

$$(18) \qquad I = \frac{N}{\sqrt{3} \cdot E \cos \varphi} = 144{,}5 \text{ A}.$$

Dieser Strom ist die geometrische Summe aus den Teilströmen:

a) in der Freileitung

$$i_F = \frac{I \cdot Z}{z_F} = \frac{144{,}5 \cdot 1{,}60}{4{,}56} = 50{,}7 \text{ A}.$$

b) in der Kabelleitung

$$i_K = \frac{I \cdot Z}{z_K} = \frac{144{,}5 \cdot 160}{2{,}23} = 103{,}5 \text{ A}.$$

Der Phasenwinkel für die Freileitung beträgt

$$\varphi_F = 66^\circ\, 35', \text{ daraus } \cos \varphi_F = 0{,}397,$$

für die Kabelleitung

$$\varphi_K = 22^\circ\, 49', \text{ daraus } \cos \varphi_K = 0{,}922.$$

Die Freileitung überträgt demnach:

$$N_F = \sqrt{3} \cdot 50{,}7 \cdot 10 \cdot 0{,}397 = 350 \text{ kW},$$

die Kabelleitung

$$N_K = \sqrt{3} \cdot 103{,}5 \cdot 10 \cdot 0{,}922 = 1650 \text{ ,,}$$

$$\text{zusammen: } N_F + N_K = N = 2000 \text{ kW}.$$

Dies ist die laut gestellter Aufgabe zu übertragende Leistung. Man ersieht aus dem Ergebnis, daß die Freileitung nur sehr wenig Leistung überträgt, was man vielfach im ersten Augenblick nicht für möglich halten könnte. Trotzdem ist der in der Freileitung fließende Strom ziemlich groß; dies rührt daher, daß er eine sehr große Blindstromkomponente hat. Auch der durch die Kabelleitung fließende Strom ist größer, als man vielleicht angenommen hätte, und es ist möglich, wenn die Verhältnisse ungünstig liegen, daß die Kabelleitung überlastet wird. In diesem Falle ist es unter Umständen notwendig, eine Reaktanzspule in die Kabelleitung einzubauen. Die beiden Teilströme der parallelen Leitungen setzen sich geometrisch zusammen. Wenn beide verschiedenen Phasenwinkel haben, sind daher auch die Stromwärmeverluste wesentlich größer, als wenn sie die gleiche Phasenverschiebung hätten.

II. Graphisches Verfahren.

Das graphische Verfahren eignet sich am besten für solche Fälle, bei denen es sich um zwei parallele Leitungen handelt. Daher sei im folgenden ein solcher Fall besprochen. Man geht davon aus, daß die Impedanzen als Vektoren eines Vektordiagramms zusammengestellt werden. Es errechnet sich die resultierende Impedanz aus:

$$(19) \qquad \frac{1}{\mathfrak{z}} = \frac{1}{\mathfrak{z}_1} + \frac{1}{\mathfrak{z}_2},$$

daraus ergibt sich, daß

$$(20) \qquad \frac{\mathfrak{z}}{\mathfrak{z}_1} = \frac{\mathfrak{z}_2}{\mathfrak{z}_1 + \mathfrak{z}_2}$$

ist. Diese Beziehung läßt sich zeichnerisch darstellen und ergibt die resultierende Impedanz nach Größe und Richtung, wie sich aus Bild 4 ersehen läßt.

Der Spannungsverlust in der Übertragung ist $= \sqrt{3} \cdot I \cdot Z$. Aus dem zu bildenden Spannungsdiagramm und unter Berücksichtigung der Tatsache, daß die Ohmschen Spannungsverluste in die gleiche Phase mit den Strömen fallen, ergeben sich dann durch Bildung eines Parallelogrammes der Ströme die Teilströme, die in jeder Leitung fließen, und ihre Phasenwinkel gegenüber der Endspannung.

Das Impedanzdiagramm und das Spannungsdiagramm geben die Lösung der Aufgabe.

Am besten ersieht man wiederum alles aus einem Beispiel. Es seien hierfür die gleichen Übertragungsverhältnisse wie im Falle I gewählt, und man zeichnet nun die beiden Diagramme (Bild 5 und 6).

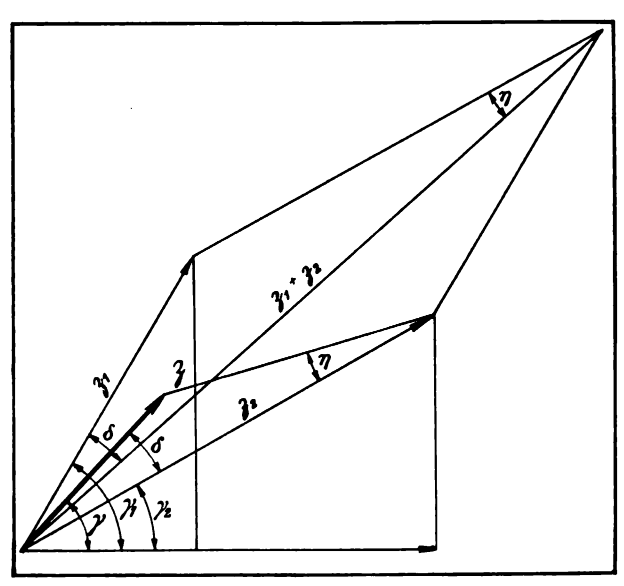


Bild 4. Diagramm zur Bestimmung der Impedanzen und Impedanzwinkel.

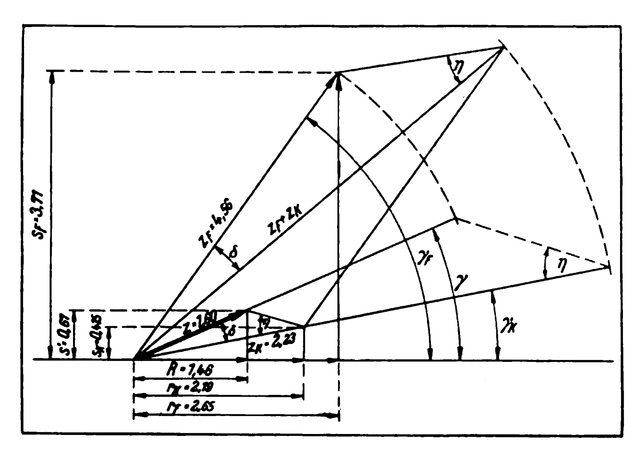


Bild 5. Bestimmung der Impedanzen und Impedanzwinkel für das Beispiel.

1. Das erste Diagramm (Bild 5) ergibt die Impedanzwerte z_F und z_K und die Impedanzwinkel γ_F und γ_K der beiden Leitungen, ferner die Größe und Richtung der resultierenden Impedanz und damit der resultierenden, Ohmschen und induktiven Widerstände R und S.

2. In dem Spannungsdiagramm (Bild 6) trägt man in Richtung entsprechend $\cos\varphi = 0{,}8$ den Ohmschen Spannungsverlust auf, der in der resultierenden Ersatzleitung vorhanden sein würde, er ist $\sqrt{3} \cdot 144{,}5 \cdot 1{,}46 = 365$ V und entspricht der Strecke A B.

Senkrecht hierzu trägt man den induktiven Spannungsabfall $\sqrt{3} \cdot 144{,}5 \cdot 0{,}67 = 168$ V, entsprechend

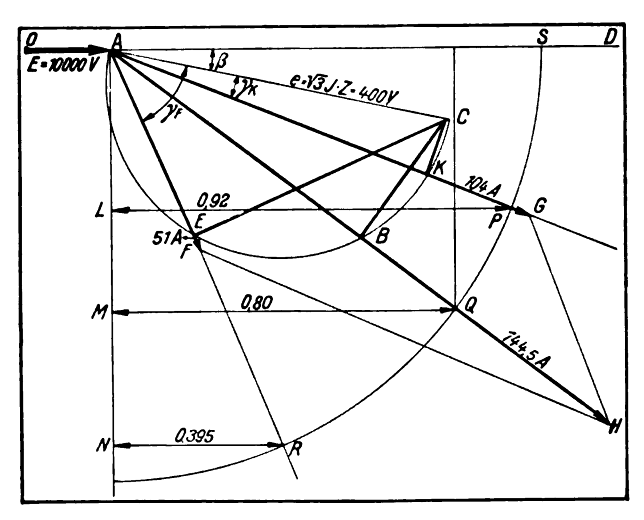


Bild 6. Strom- und Spannungsdiagramm zweier parallelen Leitungen für das Beispiel.

der Strecke B C auf. Damit erhält man Größe und Richtung des Gesamtspannungsverlustes = 400 V (gleich Strecke A C), der den Winkel C A D = 12° mit der Richtung der Endspannung E (= Strecke O A) bildet. Man schlägt nun über A C einen Halbkreis und trägt die Impedanzwinkel $\gamma_F = 54{,}5°$ und $\gamma_K = 10{,}7°$ für die Freileitung bzw. das Kabel auf. A E ist dann der Ohmsche, E C der induktive Spannungsabfall in der Freileitung, A K der Ohmsche, K C der induktive Spannungsabfall in der Kabelleitung. Der Gesamtstrom fällt in die Richtung von A B und ist der Größe nach durch die Strecke A H dargestellt. Er ist gegeben durch die gestellte Aufgabe und aus der schon vorher gegebenen Formel (18)

$$I = \frac{N}{\sqrt{3} \cdot E \cdot \cos\varphi} = 144{,}5\ \text{A}$$

bestimmt. Die Teilströme erhält man durch Bildung des Parallelogramms A F H G. Es stellt dann A F den Strom in der Freileitung = 51 A und A G den Strom in der Kabelleitung = 104 A dar.

Nun bleiben noch die Leistungsfaktoren zu bestimmen. Man schlägt um A einen Kreisbogen mit dem Radius A S = der Einheit und erhält damit die Leistungsfaktoren M Q für die Gesamtleistung = 0,8, L P = 0,92 für die Kabelleitung und N R = 0,395 für die Freileitung. Damit sind sämtliche gesuchten Größen, Stromstärken und Leistungsfaktoren bestimmt, und durch Einsetzen der abzulesenden Zahlenwerte erhält man dann mit genügender Annäherung das gleiche Ergebnis wie in dem analytischen Verfahren I.

Es empfiehlt sich, wenn genügend Zeit vorhanden ist, die Rechnung nach beiden Verfahren auszuführen, um damit eine gegenseitige Kontrolle zu haben.

Aus dem Diagramm Bild 6 ergibt sich folgendes: Wenn die Stromentnahme aus der Doppelleitung fast nur aus Blindstrom besteht ($\cos\varphi$ sehr klein), kann der Fall eintreten, daß eine Leitung negativen Wirkstrom führt. Das bedeutet, daß die andere Leitung mit einem entsprechend größeren Wirkstrom belastet ist, als der Stromabnehmer verbraucht. Es wird also Wirkstrom im Kreise herum zum Kraftwerk zurückgeführt. Der andere extreme Fall liegt vor, wenn der Stromabnehmer nur reinen Wirkstrom verbraucht, dann führt eine Leitung voreilenden, die andere nacheilenden

Blindstrom, das heißt mit anderen Worten, es wird nacheilender Blindstrom im Kreise herumgeführt, ohne gebraucht zu werden. Aus diesem Grunde ist es nicht vorteilhaft, zwei sehr verschiedenartige Leitungen zur Übertragung zu benutzen.

Man muß sie durch Einbau von Drosselspulen gleichartiger zu gestalten suchen, so daß ($\mathrm{tg}\,\gamma_1 = \sim \mathrm{tg}\,\gamma_2$) wird.

Wie eingangs bereits gesagt wurde, bietet es Schwierigkeiten, die Stromverteilung paralleler Leitungen zu berechnen, wenn man die Kapazität und Ableitung berücksichtigt. Da es immerhin für den Ingenieur wichtig ist, festzustellen, welchen Einfluß die genannten Größen, insbesondere die erstere, auf den Parallelbetrieb ausüben, sei an einem praktischen Beispiel eine graphische Lösung gegeben.

Es seien 50000 kW bei einer Betriebsspannung von 100 kV und einem Leistungsfaktor = 0,9 durch zwei Freileitungen zu transportieren. Die erste Leitung ist 50 km lang und hat einen Querschnitt von $3 \times 70\ \mathrm{mm}^2$, die zweite ist 150 km lang, der Querschnitt ist $3 \times 150\ \mathrm{mm}^2$. Beides seien Kupferleitungen. Der mittlere geometrische Abstand der Seile beträgt bei den beiden Strecken 350 cm.

Die Berechnung der Leitungskonstanten ergibt folgende Werte:

$$r_1 = 14{,}6\ \text{Ohm};\ s_1 = 21{,}2\ \text{Ohm};$$
$$z_1 = 25{,}7\ \text{Ohm};\ \gamma_1 = 55^\circ\,24'$$
$$r_2 = 17{,}8\ \text{Ohm};\ s_2 = 59{,}9\ \text{Ohm};$$
$$z_2 = 62{,}5\ \text{Ohm};\ \gamma_2 = 73^\circ\,27'$$

und daraus die resultierenden Werte:

$$R = 9{,}0\ \text{Ohm};\ S = 16{,}0\ \text{Ohm};$$
$$Z = 16{,}0\ \text{Ohm};\ \gamma = 60^\circ\,37'.$$

Die Ableitungswerte sind so gering, daß ihre zeichnerische Darstellung nur schwer möglich ist, und es ist aus diesem Grunde die Ableitung nicht berücksichtigt worden. Im übrigen läßt sich der Einfluß der Ableitung in sinngemäßer Weise ebenso wie der der Kapazität darstellen. – Für die Kapazität wird in bekannter Weise angenommen, daß sie je zur Hälfte sich an den Streckenenden konzentriert befindet.

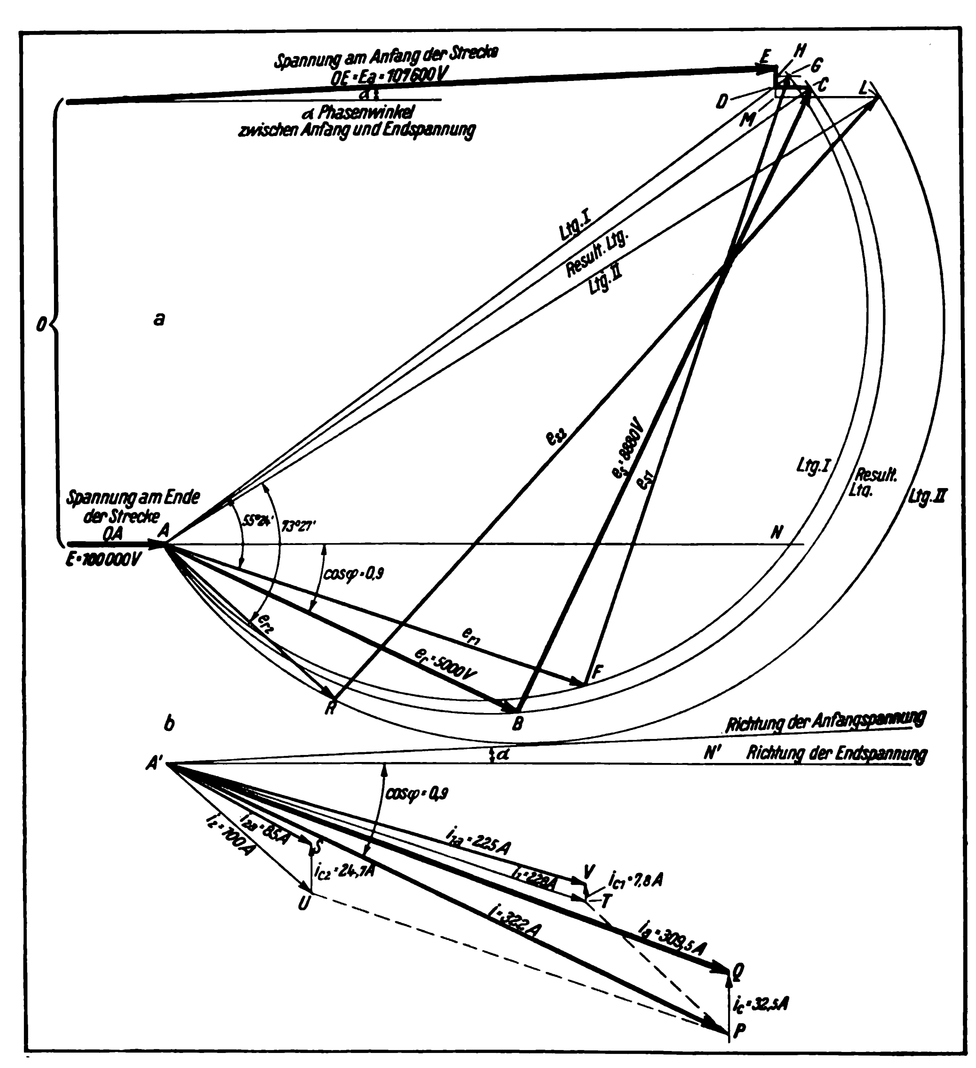


Bild 7. Bestimmung der Belastungsverteilung zweier paralleler Freileitungen unter Berücksichtigung der Kapazität.
a) Spannungsdiagramm, b) Stromdiagramm.

Die Berechnung ergibt

in Leitung I die Ladeleistung $N_{c1} = 1340$ kVA,
der Ladestrom $i_{c1} = 7{,}8$ A;

in Leitung II die Ladeleistung $N_{c2} = 4280$ kVA, der Ladestrom $i_{c2} = 24{,}7$ A;
für die resultierende Leitung $N_c = 5620$ kVA, der Ladestrom $i_c = 32{,}5$ A.

Die in jeder Leitung durch die Ladeströme verursachten Spannungsverluste werden geometrisch zu den Spannungsverlusten durch den Belastungstrom addiert.

Durch den Belastungstrom entsteht ein Ohmscher Spannungsverlust

$$e_r = \frac{50\,000}{0{,}9 \cdot 100} \cdot 9 = 5000 \text{ Volt},$$

und ein induktiver Spannungsverlust

$$e_s = \frac{50\,000}{0{,}9 \cdot 100} \cdot 16 = 8880 \text{ Volt}.$$

Der Ohmsche Spannungsverlust durch den Ladestrom beträgt

$$e_{cr} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5620}{100} \cdot 9 = 253 \text{ Volt},$$

der induktive Spannungsverlust

$$e_{cs} = \frac{1}{2} \cdot \frac{5620}{100} \cdot 16 = 450 \text{ Volt}.$$

In dem Diagramm Bild 7 sind diese Werte dargestellt. $e_r = AB$; $e_s = BC$; $e_{cr} = ED$; $e_{cs} = DC$. e_r ist in Phase mit dem Gesamtstrom, daher wird AB unter dem Winkel φ, entsprechend $\cos\varphi = 0{,}9$ gegenüber der Entspannung E: „OA" gezogen. Die Spannungsverluste der beiden Leitungen müssen in Größe und Richtung gleich der Strecke AE sein. Man trägt hierzu vom Punkt E aus die Spannungsverluste durch den Ladestrom der Strecke I:EH (ohmisch) und HG (induktiv) bzw. der Strecke II:EM und ML auf und erhält damit durch die Strecke AG den Spannungsverlust der Leitung I und AL der Strecke II, die durch die anteiligen Belastungsströme verursacht werden. Über AG und AL schlägt man Halbkreise und trägt die Impedanzwinkel der beiden Strecken auf, und zwar so, daß $\measuredangle$ GAF $= \gamma_1$ und $\measuredangle$ LAR $= \gamma_2$ wird. Dann sind AF und FG die Ohmschen bzw. induktiven Spannungsverluste der Strecke I und AR und RL die entsprechenden Werte der Strecke II.

Man trägt nun im Stromdiagramm auf dem Strahl A^1P ($\cos\varphi = 0{,}9$) den Gesamtstrom am Ende der Leitung

$$i = \frac{50\,000}{\sqrt{3} \cdot 0{,}9 \cdot 100} = 322 \text{ A}$$

auf und bildet das Parallelogramm A'TPUA' und findet damit die Teilströme $i_1 = A'T = 228$ A und $i_2 = A'U = 100$ A.

Die Bestimmung der Leistungsfaktoren ist der Übersichtlichkeit halber fortgelassen. Man findet als durch Leitung I abgegebene Leistung

$$N_1 = \sqrt{3} \cdot 228 \text{ A} \cdot 100 \text{ kV} \cdot 0{,}94 = 37\,600 \text{ kW},$$

durch Leitung II

$$N_2 = \sqrt{3} \cdot 100 \text{ A} \cdot 100 \text{ kV} \cdot 0{,}75 = \underline{12\,400 \text{ kW}}$$

insgesamt, wie gefordert 50 000 kW.

Zu den Strömen der Stromverbraucher am Ende der Strecke kommen die Ladeströme, die geometrisch zu addieren sind, und es ergibt sich in Leitung I

$$i_{1a} = A'T + TV = 228 + 7{,}8 = 225 \text{ A},$$

in Leitung II

$$i_{2a} = A'U + US = 100 + 24{,}7 = 85 \text{ A},$$

für die Stromzuführung insgesamt

$$i_a = AP + PQ = 322 + 32{,}5 = 309{,}5 \text{ A}.$$

Die Leistungen am Anfang der Strecke betragen für die Leitung I

$$N_{1a} = \sqrt{3} \cdot 225 \text{ A} \cdot 107{,}6 \text{ kV} \cdot 0{,}945 = 39\,700 \text{ kW},$$

für die Leitung II

$$N_{2a} = \sqrt{3} \cdot 85 \text{ A} \cdot 107{,}6 \text{ kV} \cdot 0{,}855 = 13\,500 \text{ kW}.$$

Insgesamt ist zuzuführen eine Leistung von

$$N_a = \sqrt{3} \cdot 309{,}5 \text{ A} \cdot 107{,}6 \text{ kV} \cdot 0{,}92 = 53\,200 \text{ kW}.$$

Es sei zum Schluß noch darauf aufmerksam gemacht, daß die Berechnung auch für die Parallelbetriebe von Transformatoren Anwendung findet. Man wählt eine der beiden Spannungen als Bezugsspannung und nimmt an, daß das Übersetzungsverhältnis 1:1 sei und berechnet die Widerstandswerte (siehe Sonderdruck 2032 Formeln 15—17). Wenn man den Einfluß des Magnetisierungsstromes berücksichtigen will, so tut man dies, indem man annimmt, daß er je zur Hälfte an den beiden Enden abgenommen wird, und bildet für diese Strombelastung ein kleines Spannungsdreieck ähnlich wie für den Ladestrom, jedoch unter Berücksichtigung der Phasenlage des Magnetisierungsstromes um 180° verdreht gegenüber dem Ladestromdreieck. Die weitere Berechnung geschieht in genau gleicher Weise, wie es für parallele Leitungen oben gezeigt ist. Parallele Leitungen mit Anzapfungen können in ähnlicher Weise behandelt werden.

Über die Auswahl von Heißwassermessern

Von Dr.-Ing. A. Grunwald, Wassermesser-Abt. der Siemens & Halske A.-G.

(Schluß.)

Grundsätze für die Auswahl eines Heißwassermessers.

Eine geeignete Auswahl unter den im vorangegangenen Abschnitt behandelten Messern kann man nur dann treffen, wenn man die einzelnen Typen nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten bewertet. Bei diesen Betrachtungen dürfen die verschiedenen Anwendungsgebiete nicht außer acht gelassen werden. Die Aufgabe dieses Abschnittes ist es daher, Richtlinien für die Auswahl, unter genauer Berücksichtigung des Verwendungszweckes und der Art der gewünschten Betriebskontrolle, aufzustellen.

Der Kesselspeise-Scheibenwassermesser.

Meßscheibe. Das eigentliche Meßorgan des Scheibenmessers, die Scheibe (Bild 13), ist mit dem strömenden Wasser sozusagen starr gekuppelt. Nachdem der Kammerinhalt aufgefüllt ist, wird das Wasser von der Scheibe hinausgeschoben, während sofort neues Wasser nachdrängt. Die Scheibe ist im Flüssigkeitsstrom förmlich eingekeilt und muß allen Änderungen in der Strömung unbedingt folgen. Bei wachsendem Zufluß wird die Scheibe sofort in verstärktem Maße angetrieben, während bei einem Nachlassen der Strömung ein fast augenblickliches Bremsen durch das Wasser hinter der Scheibe eintritt. Würde im letzten Falle die Scheibe in ihrer alten Geschwindigkeit verharren, so müßte zwischen ihr und dem langsamer zuströmenden Wasser ein Vakuum eintreten. Somit folgt die Scheibe nicht nur jeder Vorwärtsbewegung, sondern auch jeder Rückwärtsbewegung des Wassers.



Bild 13. Meßkammer des Scheibenmessers mit Meßscheibe.

Schmierung. In konstruktiver Hinsicht sind besonders die Fragen der Schmierung und der Ausdehnung bei Temperaturschwankungen zu lösen. Bezüglich der Reibungsverhältnisse stellt der Scheibenmesser eine besonders glückliche Konstruktion dar. Die Meßscheibe ist mit Hilfe einer kugelförmigen Kalotte gelagert, die aus selbstschmierender Graphitkohle besteht. Die Scheibe macht eine taumelnde Bewegung innerhalb der Meßkammer, wobei die Scheibenachse einen Kegelmantel beschreibt. Es handelt sich also hier um kontinuierliche Bewegungsvorgänge; hin- und hergehende Massen treten nicht auf.

Einfluß der Temperaturschwankungen. Den Einflüssen etwaiger Temperaturschwankungen vermag die Kammer, da sie in dem Messergehäuse frei gelagert ist, ohne weiteres zu folgen; sie kann sich nach allen Seiten des Raumes ungehindert ausdehnen oder zusammenziehen. Bild 14 zeigt das Gehäuse nach Herausnahme der Kammer. Die Kammer legt sich mit ihrem Rande gegen den im Innern des Gehäuses befindlichen Bund. In dieser Lage wird die Kammer durch einen Druckring (Bild 15), der vom Gehäusedeckel festgepreßt wird, zentriert und gehalten. Innere Spannungen können somit nicht entstehen. Im Gegensatz zum Wasser ist die Ausdehnung der Kammer, selbst bei Temperaturen über 100° C, in Volumprozent ausgedrückt, gegenüber dem Rauminhalt bei Raumtemperatur außerordentlich gering. Das Gewicht der verbrauchten Wassermenge kann man mit Hilfe einfacher Zahlentafeln über spezifische Gewichte ermitteln. Für diese Umrechnung in Gewichtseinheiten lassen sich Kurven (Bild 16) aufstellen, aus denen die Umrechnungsfaktoren schon unter Berücksichtigung der geringen Kammerausdehnung zu entnehmen sind.



Bild 14. Gehäuse des Heißwassermessers mit herausgenommener Meßkammer.

Meßgenauigkeit. Die Meßgenauigkeit des Messers wird auch dadurch nicht verringert, daß zwischen dem



Bild 15. Druckring.

Scheibenrand und der Innenwand der Kammer ein gewisser Spalt bestehen muß. Eingehende Versuche haben die günstigste Spaltbreite zwischen Scheibenrand und Innenwand der Kammer ergeben, die einerseits eine gute Dichtungswirkung hervorruft, andererseits der Scheibe bei Temperaturschwankungen genügend Spielraum für die Ausdehnung läßt. Oberhalb einer bestimmten Geschwindigkeit und damit einer gewissen Durchflußmenge, die außerordentlich gering ist, tritt nämlich in dem zwischen dem Meßscheibenumfang und der Kammerwandung gebildeten Ringspalt eine eigenartige Dichtungswirkung ein. Diese ähnelt in ihrem Wesen den bei Labyrinthdichtungen bekannten Erscheinungen. Von der Scheibe wird ein ringförmiges Flüssigkeitspolster festgehalten, das einen vollkommenen Abschluß der von der Scheibe abgeteilten Meßkammer-Räume bewirkt. Infolgedessen kann die in die Kammer einströmende Flüssigkeitsmenge tatsächlich nur an der Ober- oder der Unterseite der Scheibe entlang dem Auslauf zuströmen. Ein Übertritt von einer Kammerhälfte in die andere und damit ein Strömen von nichtgezählten Wassermengen durch den Messer ist unmöglich. Nur bei sehr kleinen Durchflußmengen wird diese Dichtungswirkung abgeschwächt, so daß Fehlanzeigen entstehen können.

Stopfbuchse. Der unter dem Betriebsdruck stehende Meßkammerraum wird gegen das Zählwerk durch die in Bild 17 dargestellte Stopfbuchse abgedichtet. Sie läßt sich mit Hilfe der gekordelten Mutter leicht nachziehen. Nach Lösen weniger Schrauben ist man in der Lage, den Kopf und das Zeigerwerk abzuheben und somit die gekordelte Mutter freizulegen, ohne den Messer außer Betrieb zu setzen.

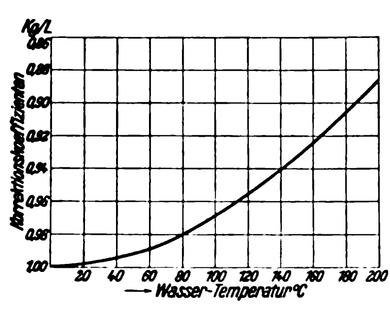


Bild 16. Korrektionskurve.

Aus diesen Ausführungen geht hervor, daß der Scheibenmesser seinem Aufbau nach durchaus den Anforderungen hoher Meßgenauigkeit innerhalb eines weiten Meßbereiches und sicheren Arbeitens, auch bei unregelmäßiger Speisung, gut zu entsprechen vermag.

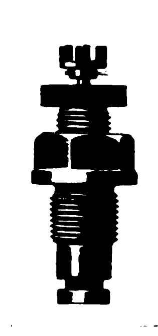


Bild 17. Stopfbuchse.

Der Scheibenmesser im Vergleich zu anderen Typen. Ist die Volumenmessung an und für sich schon ein außerordentlich genaues Meßverfahren, so muß man weiter zugeben, daß das Prinzip der fortlaufenden Gefäßmessung im Scheibenmesser am besten verwirklicht worden ist. Der von der Siemens & Halske A.-G. ausgebildete KS-Messer weist eine Meßgenauigkeit von $\pm 1\%$ auf, wie sie von keinem anderen Volumenmesser bei der gleichen Betriebssicherheit erreicht oder gar übertroffen wird. Druck- und Belastungs-Schwankungen können die Meßgenauigkeit infolge der Zwangläufigkeit der Bewegung der Meßscheibe nicht beeinflussen. Unter allen Umständen entspricht eine Umdrehung dem geförderten Nutzinhalt der Kammer. Dazu kommen die rein konstruktiven Vorzüge den übrigen Volumenmessern gegenüber. Auch bei voller Beanspruchung nutzen sich die beweglichen Teile nur wenig ab, da sich die Meßscheibe mit geringer Geschwindigkeit bewegt.

Die Scheibe ersetzt alle die verwickelten Übertragungsmechanismen beim Kolbenmesser, wie Kolben, Pleuelstange, Kurbelwelle, Steuerung usw. Die Unterhaltungskosten sind also beim Scheibenmesser bedeutend niedriger als bei diesen Apparaten. Auch gegenüber Konstruktionen, die den Scheibenmessern ähneln, bei denen nämlich die Meßkammer als Zylinder ausgebildet ist und an Stelle der Scheibe ein Kolben als Meßorgan verwandt wird, ist der Scheibenmesser vorzuziehen, denn bei dieser Anordnung bietet die praktische Ausführung, besonders die Herstellung des Kolbens, der vielfach aus harter Graphitkohle gefertigt wird, in bezug auf die Haltbarkeit Schwierigkeiten.

Anwendungsgebiet. Sowohl für Abnahmeversuche wie für den Dauerbetrieb ist der Kesselspeise-Scheibenwassermesser außerordentlich gut geeignet. Zur genauen Untersuchung einer Kesselanlage wird man ihn wegen seines

einfachen Aufbaues, seiner hohen Meßgenauigkeit und großen Meßempfindlichkeit mit besonderem Vorteil verwenden.

Da beim Scheibenmesser die Bewegung der Scheibe unmittelbar auf ein Zählwerk übertragen wird, gibt dieses sofort die gespeiste Menge an. Sein elektrischer Registrierapparat ermöglicht eine weitergehende Kontrolle. Während der Endpunkt die bisher gespeiste Menge anzeigt, lassen sich aus der Steilheit der Kurve Schlüsse auf die Art des Verbrauchs ziehen. Durch eine einfache Differenzbildung zwischen zwei Kurvenpunkten läßt sich der Verbrauch in jedem beliebigen Zeitabschnitt feststellen.

Leider sind der praktischen Verwendung des Scheibenmessers hinsichtlich der Größe Grenzen gesetzt. Kesselspeise-Scheibenwassermesser werden mit lichten Weiten von 40 bis 150 mm und in den Leistungsgrenzen von etwa 1 bis 40 m^3/h gebaut; darüber hinaus wird am vorteilhaftesten der Venturimesser gewählt.

Der Venturi-Heißwassermesser.

Welche Vorteile der Venturimesser unter bestimmten Verhältnissen bietet, zeigt sich bei kritischer Betrachtung seiner Arbeitsweise.

Ganz allgemein kann man das Venturi-Prinzip als das anpassungsfähigste Verfahren zur Mengenmessung ansehen; es auf die Heißwassermessung anzuwenden, bietet keine Schwierigkeiten. Im Abschnitt über Bau und Wirkungsweise ist gezeigt, wie sich die Siemens-Ausführung sowohl hinsichtlich der Primär- als auch der Sekundärorgane an die vorliegenden Betriebsverhältnisse anpassen läßt; hier sollen die Vorteile betrachtet werden, die ihre Anwendung den übrigen Meßverfahren und Ausführungen gegenüber mit sich bringt.

Aufbau des Venturirohres. Der Venturimesser hat vor allen anderen Meßverfahren voraus, daß bei ihm keine beweglichen Teile im Meßquerschnitt vorhanden sind. Alle Querschnitte sind völlig frei, so daß gelegentlich mitgeführte fremde Bestandteile, ohne eine Störung zu verursachen, durch den Messer hindurch gelangen. Mühelos können die größten Durchflußmengen in gleich zuverlässiger Weise gemessen werden. Auch Belastungsschwankungen und Druckstöße vermögen die Messung nicht nachteilig zu beeinflussen. Es kann keine Abnutzung und kein Verschleiß eintreten, so daß Ausbesserungsarbeiten nicht nötig werden. Infolge des außerordentlich zuverlässigen Arbeitens sind Umgangsleitungen nicht erforderlich.

In diesem Zusammenhang sei auch hervorgehoben, daß sich die Siemens-Ausführung den Strömungsverhältnissen am besten anpaßt. Den Beweis liefert die Kontraktionszahl, die sich, wie außerordentlich sorgfältige Untersuchungen auf dem Versuchsstand bestätigt haben, nur wenig von 1 unterscheidet.

Vorteile der mechanischen Meßgeräte. Weitere große Vorzüge des Venturi-Heißwassermessers sind in der Mannigfaltigkeit der Anzeigemöglichkeiten begründet. Die mechanischen Apparate ermöglichen eine Anzeige bis zu einer Entfernung von etwa 150 m vom Kessel. Es sind Apparate, die sich gegenüber dem rauhen Kesselhausbetrieb als sehr widerstandsfähig erwiesen haben. Besonders der Registrierapparat ist geeignet, ein genaues Bild der Betriebsvorgänge zu liefern. Mitunter ist gerade bei der Kesselspeisung eine eingehende Kenntnis des Verlaufs der Speisung erforderlich. Die in den Bildern 1 und 2 dargestellten Diagramme beweisen, wie weitgehend man den Betriebsvorgängen nachgehen kann. Ein Planimetrieren der Fläche, die unter der aufgezeichneten Kurve liegt, ergibt die gespeiste Menge. Damit ist auch das bei den Kesselspeise-Scheibenwassermessern erforderliche regelmäßige Ablesen des Zählwerks vermieden.

Magnetische Kupplung. Der unter dem Betriebsdruck stehende Raum steht bei den Siemens-Apparaten nicht durch eine Stopfbuchsenübertragung mit dem Außenraum in Verbindung, sondern ist gegen diesen durch eine Bronzebuchse vollkommen dicht abgeschlossen. Die Übertragung findet durch diese Buchse hindurch auf magnetischem Wege statt. Damit ist eine betriebssichere und fast reibungslos arbeitende Übertragung erreicht.

Aufbau der elektrischen Meßgeräte. Besondere Sorgfalt ist der Ausbildung einer elektrischen Meßanordnung gewidmet worden, weil es mitunter notwendig ist, die Meßapparate im Betriebsbüro oder in einer Meßzentrale zusammenzulegen. Die elektrischen Meßgeräte erfüllen in jeder Weise die Forderungen, die bei einer Fernübertragung oder einer neuzeitlichen,



Bild 18. Elektrischer Registrierapparat für den Venturi-Heißwassermesser.

einheitlich zusammengefaßten Betriebskontrolle gestellt werden.

Die äußerst widerstandsfähig ausgeführten Anzeige-Apparate ermöglichen einfache Anzeige, übersichtliche Darstellung der Betriebsvorgänge durch ein auf große Länge hin sichtbares Diagramm und schließlich sichere Ermittlung der Gesamtdurchflußmengen; eine Vereinigung dieser drei Arten der Anzeige in einem Apparat, wie sie mitunter wohl versucht worden ist, ergibt erfahrungsgemäß so verwickelte Getriebe, daß damit neue Störungsquellen geschaffen werden. Bei Störung einer Teilanzeige muß der ganze Apparat abgeschaltet werden, womit jede Kontrolle aufhört. Wünscht man ein Anzeigen, Registrieren und Zählen der Durchflußmenge, dann empfiehlt sich die vielfach ausgeführte und bewährte elektrische Meßanordnung von S. & H. Beim Aufbau dieser Apparate sind die langjährigen, vielseitigen Erfahrungen der S. & H. A.-G. auf dem Gebiete des elektrischen Meßinstrumentenbaues besonders förderlich gewesen. Die Gehäuse sämtlicher Apparate sind so ausgestaltet, daß sie einen staubfreien Abschluß gewährleisten. Bild 18 zeigt einen elektrischen Registrierapparat.

Umfassende Betriebskontrolle mit dem Venturimesser. Der Venturimesser bietet die breiteste Grundlage für eine Mengenmessung; infolge seines einfachen Konstruktionsprinzips ist er nämlich außerordentlich vielseitig anwendbar. Als zuverlässiger Messer wird er vorteilhaft überall dort verwendet, wo besonders ungünstige Betriebsverhältnisse vorliegen, andererseits aber höchste Meßgenauigkeit gewährleistet sein muß.

Zudem hat der Venturimesser eine große Anpassungsfähigkeit an die Größe der Anlage. Durch passende Wahl der Düse können auch die größten Mengen durchaus zuverlässig gemessen werden. Wassermengen über 40 m^3/h lassen sich durch Kesselspeise-Scheibenwassermesser nicht mehr messen; es empfiehlt sich dann unbedingt, Venturimesser zu verwenden.

In jedem Falle ist mit dem Venturimesser eine umfassende Betriebskontrolle bei beliebiger Anordnung von Anzeige-, Registrier- und Zählapparaten möglich. Die neuzeitliche Betriebskontrolle verlangt, daß man die einzelnen Betriebsvorgänge auch noch nachträglich an Hand von planimetrisch auswertbaren Diagrammen verfolgen kann, was nur mit dem Venturimesser zu erreichen ist.

Das mit dem elektrischen Registrierapparat eines Kesselspeise-Scheibenwassermessers aufgezeichnete Diagramm ergibt zwar sofort die bisher gespeiste Menge, läßt aber nur aus der Steilheit der Kurve gewisse Schlüsse auf die Art der Speisung zu. Anders die elektrische Meßanordnung des Venturimessers, die neben einer fortlaufenden Zählung der Mengen ein Verfolgen der Betriebsvorgänge bis ins einzelne ermöglicht. Hier wird nicht nur die Frage nach der gespeisten Menge beantwortet, sondern auch Auskunft darüber erteilt, wie gespeist worden ist.

Der Woltmann- und Flügelrad-Heißwassermesser. Die Geschwindigkeitsmesser lassen sich ihrem ganzen Aufbau nach nicht in allen Fällen den Forderungen völlig anpassen, die bei der Messung heißen und unter Umständen stoßweise strömenden Wassers zu erfüllen sind. Eine nähere Untersuchung der einzelnen Meßvorgänge wird die auftretenden Schwierigkeiten deutlich erkennen lassen.

Der eigentliche Meßvorgang. Als erstes muß hervorgehoben werden, daß bei diesen Messern die zwangläufige Verbindung zwischen dem eigentlichen Meßorgan und der Strömung fehlt. Weil eine bestimmte, wenn auch verhältnismäßig kleine Wassergeschwindigkeit dazu notwendig ist, die durch das Flügelrad selbst sowie durch das Zähl- und Zeigerwerk hervorgerufene Reibung zu überwinden, ist eine gewisse Unempfindlichkeit unvermeidlich. Sie wächst mit den Massen, die in Bewegung gesetzt werden müssen. Das Bestreben geht nun dahin, so leicht

zu konstruieren, wie es die mechanischen Beanspruchungen nur zulassen. Aus diesem Grunde wählt man für die beweglichen Teile der Messer leichte Baustoffe, z. B. Zelluloid oder Hartgummi, die trotzdem sehr widerstandsfähig sind.

Einfluß der Temperatur. Aber schon bei Temperaturen über 30°C muß man zu Metallflügeln übergehen und die damit verbundene trägere Anzeige mit in Kauf nehmen. Für die Schaufelräder der Flügelradmesser (Bild 19) wird ein Spezialmaterial verwendet, das sich gut bewährt hat, während die schraubenförmig ausgebildeten Woltmann-Flügel aus Kupfer (Bild 20) hergestellt werden. Schon allein deswegen kann die Bewegung des Kreiselrades und des strömenden Wassers nicht zwangläufig erfolgen; nur Flügel ohne Masse wären in der Lage, sich ohne Verluste der Strömungsgeschwindigkeit völlig anzupassen, da bei ihnen auch die Voraussetzung reibungsloser Lagerung erfüllt wäre. Damit ergibt sich ein neuer, wichtiger Punkt für die Konstruktion von Kreiselmessern.

Ölung. Bei den meisten Typen ist eine außerordentlich sorgfältige Ölung erforderlich, besonders mit zunehmender Wassertemperatur, und dadurch entsteht gerade bei den schwankenden Druckverhältnissen beim Kesselspeisen die Gefahr, daß Öl in das Speisewasser hineingerissen wird. Einen weiteren Nachteil bilden die ständigen, nicht unerheblichen Kosten für die Schmierung. Bei den hier besprochenen Konstruktionen ist jedoch eine Schmierung überhaupt überflüssig, weil bei ihnen die Reibung wegen der Verwendung von Graphitkohle für die Lagerstellen der Flügelradwelle und Zählwerksräder gering ist. Außerdem wirken Temperaturschwankungen auf die Reibungsverhältnisse ein und verursachen unter Umständen eine Änderung der Meßgenauigkeit.

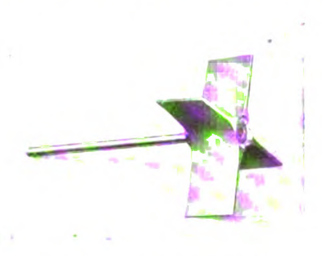


Bild 19. Das Flügelrad.

Meßgenauigkeit. Alle Flügel sind gegen Abscheidungen des Wassers empfindlich; mit der Zeit treten neben Formänderungen auch Gewichtsänderungen ein, was wiederum die Genauigkeit der Anzeige herabdrücken kann.

Dazu kommt noch, daß für Woltmann-Messer ungestörte Strömungsverhältnisse für eine sichere und genaue Anzeige unbedingt erforderlich sind.

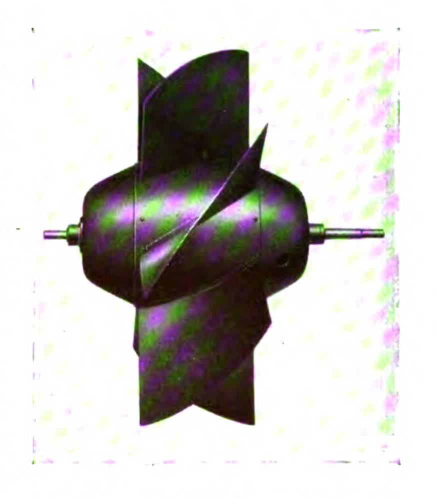


Bild 20. Der Woltmann-Flügel.

Selbst geringe Störungen in der Strömung führen zu einer ungünstigen Beaufschlagung der Flügel, damit zu einer Verschiebung der beiden Kraftkomponenten, und hierdurch kann die Anzeige ungenau werden. Um eine gute Meßgenauigkeit zu erreichen, ist vor dem Messer eine gerade Rohrstrecke von etwa 10 Rohrdurchmessern, mindestens aber von 1 m, oder ein besonderer Strahlregler erforderlich. Diese Strahlregler sind im allgemeinen von kurzer Baulänge und können verschieden ausgeführt werden.

Zusammenfassend muß betont werden, daß die motorischen Messer nur unter gewissen Voraussetzungen ähnlichen meßtechnischen Ansprüchen wie die vorgenannten Messer genügen können.

Anwendungsgebiet. Man wird sie jedoch in erster Linie dort verwenden, wo ein nahezu gleichmäßiger Betrieb vorliegt. Für stark schwankenden Betrieb, wie z. B. beim Speisen durch Kolbenpumpen, sind sie weniger geeignet. Jedenfalls darf man Woltmann-Messer nur dann in Leitungen einbauen, in denen Belastungs- und Druckschwankungen stoßweise auftreten, wenn durch Vorschalten eines Windkessels diese Stöße vom Messer ferngehalten werden.

Selbst dort, wo die Betriebsverhältnisse günstiger liegen, wird man erwägen müssen, ob man den Anschaffungskosten eine so große Bedeutung beimessen soll. Für eine überschlägliche Kontrolle und eine gröbere Kalkulation mögen die Angaben solcher Messer genügen; für eine heutigen Forderungen entsprechende wärmewirtschaftliche Kontrolle reichen sie vielfach nicht aus.

Zur Auswahl von Heißwassermessern.

		Kesselspeise-Scheibenwassermesser	Venturi-Heißwassermesser	Woltmann-Wassermesser	Flügelradwassermesser
Um den vielseitigen Ansprüchen der Heißwassermessung genügen zu können, haben Siemens & Halske die nebenstehend dargestellten Messer ausgebildet. Bei der Mannigfaltigkeit der Typen ist vor der Beschaffung die Kenntnis ihrer charakteristischen Eigenschaften erforderlich. Diese sind in der folgenden Tafel übersichtlich zusammengestellt.					
Durchflußmenge		etwa 1–40 m³/h	etwa 4–400 m³/h und bis zu den größten Leistungen	etwa 4–3650 m³/h	etwa 0,065–70 m³/h
Meßgenauigkeit		± 1 %	± 2 %	± 2 %	
Meßempfindlichkeit		sehr groß	groß	geringer	
Druckverlust		sehr gering	gering	sehr gering	gering
Anwendungsgebiet	Kessel-Abnahmeversuch	gut geeignet	geeignet für jede Leistung	wenig geeignet	
	Dauerbetrieb			geeignet	
	Begründung	Sehr große unbeeinflußbare Meßgenauigkeit. Höchster Empfindlichkeitsgrad. Starre Kupplung zwischen Scheibe und Strömung. Unempfindlich gegen Belastungsschwankungen	Große unbeeinflußbare Meßgenauigkeit. Sehr große Betriebssicherheit. Vollkommen freier Durchgangsquerschnitt. Keine beweglichen Teile	Gute Meßgenauigkeit nur bei gleichbleibender Belastung. Geringerer Empfindlichkeitsgrad. Gute Meßanordnung bei geringeren Ansprüchen an die Betriebskontrolle.	
Übertragung von dem unter Betriebsdruck stehenden Meßraum zum Zähl- oder Anzeigemechanismus.		Stopfbuchse	Magnetische Kupplung	Konus	

Gefahrmeldeanlagen des Spullerseewerks

Von Karl Leopoldsberger, Wiener Werk der Siemens & Halske A.-G.

Das Spullerseewerk in Danöfen am Arlberg liefert Strom für die Arlbergbahn. Da jede Unterbrechung in der Stromlieferung auch eine Störung des Bahnbetriebes zur Folge hat, hat die Generaldirektion der Österreichischen Bundesbahnen Vorsorge getroffen, daß auftretende Betriebsstörungen durch Überwachungs- und Sicherheitseinrichtungen rechtzeitig erkannt und unschädlich gemacht werden können. Mit besonderer Sorgfalt sind die Überwachungs- und Gefahrmeldeanlagen für die Transformatoren durchgebildet worden. Kann doch durch den Brand eines Öltransformators nicht nur ein erheblicher wirtschaftlicher Schaden entstehen, sondern auch bei Ausdehnung des Brandes der ganze Betrieb auf längere Zeit lahmgelegt werden.

Benutzt werden Öltransformatoren mit Ölumlauf und Wasserkühlung. Versagen Ölumlauf und Wasserumlauf oder wird das Kühlwasser zu warm, so treten unzulässige Temperaturerhöhungen des Öles in den Ölkästen und damit auch in den Transformatoren selbst auf. Aber auch bei richtigem Arbeiten der Kühleinrichtungen ist ein Heißwerden des Transformatorenöls möglich, wenn der Transformator überlastet wird oder ein Kurzschluß in ihm auftritt. Um die Temperaturen des Öles jederzeit feststellen zu können, ist eine Fernthermometeranlage geschaffen, die 14 Meßstellen enthält. Die Anzeigevorrichtung ist in der Mitte einer Standschalttafel untergebracht (Bild 1), die auch die übrigen Überwachungs- und Gefahrmeldeanlagen aufnimmt. Unterhalb des nach Celsiusgraden geteilten Meßinstrumentes befinden sich der Stellknopf eines Drehwiderstandes und darunter 16 Druckknopf-Tastenschalter. Die zu der Anlage gehörenden 14 Widerstandsthermometer sind in die Ölkästen der Transformatoren eingebaut. Zweckmäßig ist es, die Temperaturen sämtlicher Meßstellen in vorgeschriebenen Zwischenräumen abzulesen und die Ergebnisse in vorbereitete Tafeln einzutragen, weil das ein Vergleichen der abgelesenen Temperaturen erleichtert. Man geht dabei in der Weise vor, daß man zunächst einen als Prüftaste bezeichneten Knopf drückt. Der Zeiger des Instrumentes muß dann in die Endstellung gehen. Tut er das nicht, so ist die Meßspannung mit Hilfe des Drehwiderstandes auf den richtigen Wert einzustellen. Gelingt das nicht, so ist die Meßbatterie erschöpft und die Temperaturmeßeinrichtung muß auf die Reservebatterie umgeschaltet werden. Sobald man festgestellt hat, daß die Temperaturmeßeinrichtung richtig anzeigt, nimmt man das Ablesen vor, indem man nacheinander die Druckknöpfe drückt. Beim Drücken eines Knopfes geht selbsttätig der vorher gedrückte in seine Ruhestellung zurück, und der Zeiger des Temperaturmessers stellt sich auf die Temperatur der Meßstelle ein, die durch ein neben dem gedrückten Knopf befindliches Schild angezeigt wird. Nach beendeter Messung wird durch Drücken einer Auslösetaste auch der zuletzt gedrückte Knopf wieder in seine Ruhestellung gebracht. Ein Stromverbrauch findet nur während des Messens statt.



Bild 1. Standschalttafel.

Wenn sich auch aus den abgelesenen Zahlen Temperaturänderungen und besonders gefahrdrohende Temperatursteigerungen erkennen lassen, so ist es doch möglich, daß in der Zwischenzeit zwischen zwei Ablesungen Umstände eintreten, die ein schnelles Eingreifen notwendig machen. Es ist deshalb eine besondere Gefahrmeldeanlage eingerichtet worden. Über das Wesen solcher Anlagen hat die Siemens-Zeitschrift im Jahrgang 1923, Heft 6, berichtet.

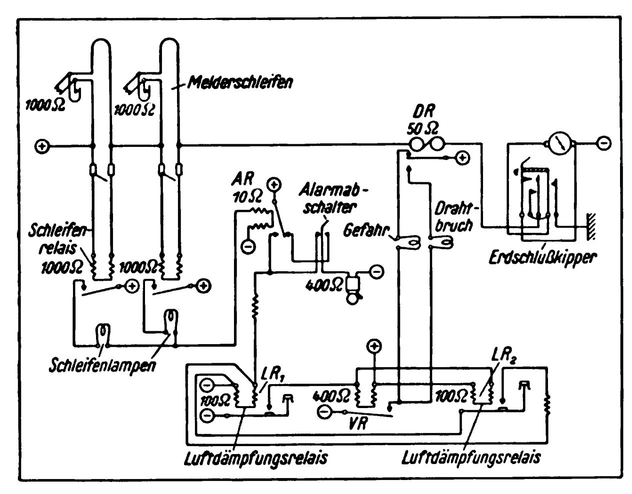


Bild 2. Schaltbild.

Bei dem Spullerseekraftwerk liegen die Gefahrmelder in dreißig Melderschleifen, die in der Zentrale hintereinander geschaltet sind und dauernd von einem Ruhestrom von etwa 70 m A durchflossen werden. Parallel zur Schleife und zum Gefahrmelder liegt jedesmal ein Schleifenrelais mit hohem Widerstand. Da Schleife und Gefahrmelder nur einen sehr geringen Widerstand haben, so erhält das Schleifenrelais einen so geringen Strom, daß es nicht dazu kommt, seinen Anker anzuziehen.

Spricht bei der eingestellten Temperatur ein Gefahrmelder an, so wird dadurch in die Schleife ein hoher Widerstand geschaltet (Bild 2). Die Stromstärke des Ruhestroms geht zurück. Da aber jetzt der Widerstand der Schleife und des Schleifenrelais gleich sind, erhält das Relais einen Strom, der ausreicht, seinen Anker anzuziehen. Der Anker schließt einen Kontakt und schaltet dadurch eine Schleifenlampe und ein Alarmrelais ein. Die Lampe leuchtet auf, und durch das Ansprechen des Alarmrelais A R wird der Alarmwecker eingeschaltet. Gleichzeitig mit dem Alarmwecker erhält auch ein Relais L R 1 Strom. Sein Anker ist mit Luftdämpfung versehen und wird deshalb verzögert angezogen. Sobald er seinen Kontakt geschlossen hat, erhalten die Relais VR und L R 2 Strom. V R schließt einen Stromkreis, der die Gefahrlampe aufleuchten läßt. L R 2 schließt einen Kontakt und schaltet dadurch eine Leitung ein, durch die die Wicklung des Relais L R 1 kurzgeschlossen wird. L R 1 läßt verzögert seinen Anker fallen. Dadurch werden VR und LR 2 stromlos. Die Gefahrlampe erlischt und der Kontakt an LR 2 wird unterbrochen. Dadurch erhält LR 1 von neuem Strom, und das Spiel wiederholt sich, so daß die Gefahrlampe flackernd brennt. Das Flackern der Gefahrlampe hat den Vorteil, daß die Aufmerksamkeit des Wärters eher auf sie gelenkt wird, als wenn sie ruhig brennen würde.

Die Stärke des die Leitung durchfließenden Ruhestromes wird durch ein Milliamperemeter dauernd überwacht. Tritt in einer Schleifenleitung ein Drahtbruch auf, so wird die Schleife stromlos, und der ganze Ruhestrom muß über das Schleifenrelais fließen. Da aber durch das Brechen der Schleife der Widerstand des Ruhestromkreises erhöht worden ist, fällt der Ruhestrom noch weiter ab, als es bei einer Gefahrmeldung der Fall ist. Dann ist das in der Ruhestromleitung liegende Drahtbruchrelais D R nicht mehr imstande, seinen Anker zu halten, er fällt ab und schaltet statt der Gefahrlampe die Drahtbruchlampe ein, die nun in derselben Weise flackernd leuchtend erhalten wird, wie dies bei der Gefahrlampe geschieht.

Dauert eine Störung längere Zeit, so kann man den Wecker durch Umlegen eines Alarmschalters zum Schweigen bringen. Nach Beseitigung der Störung spricht der Alarmwecker von neuem an und erinnert daran, daß der Alarmschalter zurückgelegt werden muß. Soll auch die Gefahr- oder Drahtbruchlampe während der Dauer der Störung in einer Schleife zum Erlöschen gebracht werden, so kann dies mit Hilfe besonderer, auf der Schalttafel angebrachter Kurzschlußbügel geschehen. Der nicht gestörte Teil der Anlage bleibt dabei weiter betriebsfähig.

Für die Prüfung auf Erdschluß ist ein besonderer Erdschlußschalter vorhanden. Wird er umgelegt, so darf das Milliamperemeter keinen Strom zeigen, wenn die Isolation der Leitungen in Ordnung ist. Fließt ein Erdschlußstrom, so ist durch Abklemmen der Schleifenleitungen die beschädigte Schleife zu ermitteln.

Gefahrsignale werden nicht nur durch die Gefahrmelder ausgelöst, wenn die Öltemperatur in einem Transformator unzulässig hoch wird, sondern auch durch Klappenkontakte in den Öl- und Wasserumlaufleitungen, die ansprechen, wenn der Umlauf dieser Flüssigkeiten aufhört.

Da beim Ausschalten eines Transformators auch die Ölumlaufpumpe abgestellt wird, so würde das Aussetzen des Ölumlaufs in jedem solchen Falle eine Gefahrmeldung zur Folge haben. Um das zu verhindern, sind an jedem Ölschalter besondere Kontakte angebracht, die beim Abschalten des Transformators die Schleifenleitung für den Klappenkontakt kurzschließen. Wird beim Einschalten eines Transformators vergessen, auch den Ölumlauf in Gang zu setzen, so macht ein Gefahrsignal hierauf aufmerksam. Soll bei eingeschaltetem Transformator der Ölumlauf absichtlich abgestellt werden, so ist die Schleife für den Klappenkontakt durch den Schleifenkurzschlußbügel kurzzuschließen.

Gefahrmelder sind auch in die Kühlbottiche der Transformatoren eingebaut, und sie sprechen an, wenn sich infolge Versagens der Wasserumlaufpumpen das Kühlwasser unzulässig erwärmt. Um ferner die Gewißheit zu haben, daß stets genügend Kühlwasser in den Wasserbehältern vorhanden ist, hat man eine Wasserstand-Fernmeldeanlage eingerichtet. In den beiden Kühlwasserbehältern ist je ein Schwimmer angeordnet, der mit dem Wasserspiegel im Kühlwasser steigt und sinkt. Fällt der Wasserspiegel in einem Behälter auf das Mindestmaß, so wird durch den Schwimmer ein Kontakt geschlossen. Das hat zur Folge, daß an dem Wasserstandzeiger auf der Schalttafel ein Wecker ertönt und an ihm eine Scheibe mit der Aufschrift „Leer" erscheint. Werden die Pumpen angelassen und der Wecker durch einen Druckknopf abgestellt, so schließt der steigende Schwimmer einen anderen Kontakt, sobald der höchste zulässige Wasserstand erreicht ist. Dann ertönt wieder ein Wecker, und eine Fallscheibe mit der Aufschrift „Voll" wird sichtbar. Bewegt sich der Wasserstand innerhalb der festgelegten Grenzen, so ertönt weder der Wecker noch sind Fallscheiben zu sehen.

Die erwähnten Überwachungs- und Gefahrmeldeeinrichtungen sind vom Wiener Werk der Siemens & Halske A.-G. geliefert worden. Die Stromversorgung erfolgt aus einer Akkumulatorenbatterie von 24 V und einer solchen von 6 V. Jede Batterie hat eine Kapazität von 20,5 A/h. Damit während des Aufladens der Batterie der Betrieb nicht unterbrochen wird, ist je eine Wechselbatterie vorhanden. Das Umschalten von der Stammbatterie auf die Wechselbatterie erfolgt ohne Stromunterbrechung. Das ist besonders wichtig für den Betrieb der Gefahrmeldeanlage, weil hier eine Unterbrechung der Stromversorgung ein Ansprechen des Drahtbruchsignals zur Folge haben würde.

Wie die kurze Beschreibung der in ihrem grundsätzlichen Aufbau geschilderten Einrichtungen erkennen läßt, ist besonders bei der Gefahrmeldeanlage dafür gesorgt, daß die Einrichtungen dauernd betriebsfähig sind. Durch die Verwendung von Ruhestrom kann ständig überwacht werden, ob die Anlage für ein richtiges Arbeiten bereit ist. Gefahr und Drahtbruch werden in verschiedener Weise angezeigt, so daß blinder Alarm ausgeschlossen ist. Das flackernde Licht der Gefahr- und der Drahtbruchlampe lenkt die Aufmerksamkeit in erhöhtem Grade auf ihre Signale. Ein Drahtbruch wird vollkommen selbsttätig angezeigt, wobei gleichzeitig die gestörte Schleife kenntlich gemacht wird. Die Prüfung auf Erdschluß kann jederzeit in einfachster Weise vorgenommen werden. Bei Störungen in einer Schleife kann der übrige Teil der Anlage ungestört in Betrieb erhalten werden. Selbsttätige Signale erinnern daran, wenn wichtige Handgriffe vergessen sind. Soweit sich voraussehen läßt, kann man also sicher damit rechnen, daß in wirklichen Gefahrfällen die Anlage einwandfrei arbeiten wird, wie dies bei ähnlichen Anlagen bereits wiederholt der Fall gewesen ist.

Selbsterregte Schwingungen beim Parallelbetrieb von Synchronmaschinen.

Von Dipl.-Ing. Fritz Reinhardt, Prüf- und Versuchsfeld des Dynamowerks der SSW.

Resonanzschwingungen und selbsterregte Schwingungen. In der Entwicklung der Elektrotechnik führte vor etwa $2^1/_2$ Jahrzehnten der Parallelbetrieb von Synchronmaschinen häufig zu Schwierigkeiten, weil dabei ein Pendeln der Maschinen gegeneinander eintrat. Diese Schwierigkeiten konnten behoben werden, nachdem in den grundlegenden Untersuchungen von Kapp, Görges und Rosenberg die Synchronmaschine als ein schwingungs-

fähiges Gebilde erkannt war, das bei jeder Belastungsänderung durch Schwingungen in den neuen Zustand übergeht. Daß die Synchronmaschine schwingungsfähig ist, liegt darin begründet, daß bei ihr der Voreilwinkel ϑ des Polrades gegen die EMK abhängig von der Belastung ist, so daß mit jeder Belastungsschwankung sich das Polrad beschleunigen oder verzögern muß, um in die neue Gleichgewichtslage zu kommen, und daß dadurch elektrische Energie sich in Bewegungsenergie (Wucht), die im Polrad aufgespeichert wird, umsetzen kann und umgekehrt. Wenn irgendein Taktgeber vorhanden ist, z. B. der Kurbelstoß, so treten dann erzwungene Schwingungen auf. Diese führen zu unzuträglich großen Schwingungsweiten, wenn die erregende Taktzahl in der Nähe der elektromechanischen Eigenschwingungszahl der Synchronmaschine liegt, d. h. wenn Resonanz vorliegt.

Diese Resonanzschwingungen sind als erzwungene Schwingungen dadurch gekennzeichnet, daß ihre Taktzahl fest mit der erregenden Taktzahl verbunden ist. Ist z. B. die Schwingungserregung in dem Tangentialdruckdiagramm der Viertakt-Antriebsmaschine zu suchen, so ist die Schwingungszahl der auftretenden Pendelungen immer genau gleich der halben Drehzahl. Auch bei Erhöhung oder Herabsetzung der Drehzahl sowie bei Veränderung der elektromechanischen Eigenschwingungszahl des Generators, die durch Erhöhung der Spannung und durch Erniedrigung der Frequenz vergrößert, durch die umgekehrten Maßnahmen verkleinert werden kann, bleibt die Taktzahl der auftretenden Schwingungen fest an die erregende Taktzahl, z. B. an die halbe Drehzahl beim Viertaktmotor, gebunden. Nur die auftretenden Schwingungsweiten der Pendelungen vergrößern sich, wenn man noch mehr in Resonanznähe kommt, und verkleinern sich durch Entfernung vom Resonanzpunkt.

Im Gegensatz zu diesen Resonanzschwingungen sind neuerdings einige Fälle von Parallelbetriebs-Schwierigkeiten aufgetreten, die andere kennzeichnende Schwingungseigenschaften haben, und die daher auch nicht auf Resonanzerscheinungen zurückgeführt werden können. Ihre Ursache ist vielmehr in einer Wirkung des Kraftmaschinenreglers zu suchen, und zwar nicht etwa in irgendeiner periodischen Wirkung des Reglers an sich, sondern allein in seiner Verzögerungszeit. Die erwähnten Schwierigkeiten sind besonders bei neuen, empfindlichen und rasch wirkenden Reglern der Kraftmaschinen beobachtet worden.

Der Kraftmaschinenregler übt seine Wirkung nicht zur gleichen Zeit aus, in der der Anstoß erfolgt, sondern zwischen Anstoß und Wirkung vergeht eine gewisse Verzögerungszeit T_v. Wenn der Regler nun auf die Energiezufuhr einer schwingungsfähigen Maschine arbeitet, so kann allein aus diesem Grunde eine einmal vorhandene kleine Schwingung immer stärker anwachsen. Es tritt also hier keine Resonanzschwingung, sondern eine Selbsterregung von Schwingungen ein. Diese selbsterregten Schwingungen sind unabhängig von der Drehzahl der Maschine, sie finden nahezu im Takte der Eigenschwingungen statt und können mit diesem Takte verändert werden. Durch Herabsetzen der Drehzahl, die eine Erhöhung der Eigenschwingungszahl bei gleicher Spannung bedeutet, wird also die Taktzahl bei selbsterregten Schwingungen erhöht, bei Resonanzschwingungen erniedrigt. Die Taktzahl der Schwingungen kann allerdings etwas von dem Eigentakte der Maschine verschieden sein, je nach dem Verhältnis von Reglerverzögerungszeit T_v zur Eigenschwingungsdauer T_0, auch wird das Maß des Anwachsens der Schwingungen durch dieses Verhältnis bestimmt. Dieses soll im folgenden näher untersucht werden.

Die Wirkung des Kraftmaschinen-Reglers. Die Selbsterregung von Schwingungen parallel arbeitender Synchrongeneratoren durch den Kraftmaschinenregler kann man sich leicht vergegenwärtigen, wenn man auf die Wirkungsweise des Reglers näher eingeht. Der Regler beeinflußt die Energiezufuhr der Kraftmaschine in Abhängigkeit von der Drehzahl n, d. h. der Winkelgeschwindigkeit ω der Welle. Liegt die augenblickliche Winkelgeschwindigkeit ω der Maschine unter der mittleren ω_0, so erhöht der Regler die Energiezufuhr, ist die augenblickliche Winkelgeschwindigkeit ω größer als ω_0, so drosselt der Regler Energiezufuhr ab. Die Wirkung tritt aber nicht unmittelbar in Kraft, sondern zwischen Anstoß und Wirkung des Reglers verstreicht eine Verzögerungszeit T_v, die durch die Art der Regelung und durch die

Massen der Reglerorgane bedingt ist. Bei allen Maschinen muß z. B. das Triebmittel erst den Weg von der Drosselstelle bis zum Arbeitszylinder zurücklegen, bei Viertaktmaschinen muß außerdem erst noch der Kompressionshub verstreichen, ehe die Regelung sich auswirken kann. Ferner ist bei allen Kolbenmaschinen nur während bestimmter Zeiten, wenn die Einströmöffnungen für das Triebmittel geöffnet sind, eine Beeinflussung der Energiezufuhr möglich, und endlich bedingen die Massen der Regelorgane zu ihrer Verstellung eine bestimmte Zeit. Alle diese zwischen Anstoß und Wirkung des Reglers verstreichenden Zeiten seien unter der Verzögerungszeit T_v des Reglers zusammengefaßt, auch sei diese Verzögerungszeit T_v als konstant angesehen.

Jeder Belastungsstoß einer parallelarbeitenden Synchronmaschine veranlaßt nun Schwingungen, die normalerweise bald abklingen. Kleine Schwingungen im Takte der Eigenschwingungszahl sind also nicht zu vermeiden. Spricht der Kraftmaschinenregler aber auf diese Schwingungen bereits an, und liegt seine Verzögerungszeit T_v in der Nähe der halben Eigenschwingungszahl $\frac{1}{2}T_0$ des Generators, so tritt Selbsterregung von Schwingungen ein. Denn dann wirkt der Regler gerade in der entgegengesetzten Schwingungsphase und verstärkt die Schwingungen immer mehr, anstatt sie zu beruhigen. Ist z. B. ein parallellaufender Generator in einer kleinen Schwingung gerade in der Phase zu geringer Winkelgeschwindigkeit $\omega < \omega_0$ begriffen, so wird der Regler angestoßen und veranlaßt verstärkte Energiezufuhr. Diese verstärkte Energiezufuhr kommt zur Wirkung nach der Zeit $T_v = \frac{1}{2}T_0$, also nach einer halben Schwingung, wo der Generator an sich schon eine zu hohe Winkelgeschwindigkeit $\omega > \omega_0$ hat; diese wird also durch die erhöhte Energiezufuhr noch weiter erhöht, die Schwingungsweite also noch verstärkt. Diese verstärkte Halbschwingung stößt den Regler wiederum verstärkt an, er veranlaßt also eine noch größere Energiedrosselung, die ebenfalls nach der Zeit $T_v = \frac{1}{2}T_0$ zur Wirkung kommt; also gerade, wenn der Generator an sich schon kleinere Winkelgeschwindigkeit hat, wird er durch die Reglerwirkung noch mehr gebremst u. s. f. Auf diese Weise wird also eine an sich kleine Schwingung durch die um $T_v = \frac{1}{2}T_0$ verzögerte Reglerwirkung immer weiter verstärkt, die Schwingungen schaukeln sich auf, es tritt Selbsterregung ein.

Die Differentialgleichung der Schwingungen. Zur Klärung der Verhältnisse bei diesen durch Reglerverzögerung selbsterregten Schwingungen parallelarbeitender Synchronmaschinen trägt die Aufstellung der Differentialgleichung bei. Wenn deren Lösung auch exakt nicht durchgeführt werden kann, ohne unübersichtlich zu werden, so gewährt doch eine einfache graphische Behandlung und eine Besprechung einen quantitativen Einblick, der für die Beurteilung der Schwierigkeiten von Nutzen ist.

Der Leistungsfluß einer parallelarbeitenden Synchronmaschine ist beherrscht vom Gleichgewicht der mechanischen Antriebsleistung W_1, der elektrisch abgegebenen Leistung W_2, der in die Schwungmassen sich entladenden Beschleunigungsleistung W_θ und der Dämpfungsleistung W_D. Zwischen diesen vier Leistungen muß stets Gleichgewicht herrschen. Dafür gilt die Gleichung:

$$W_1 = W_2 + W_\theta + W_D.$$

Die Antriebsleistung W_1 ist bei einer mit Regler versehenen Kraftmaschine nicht konstant, sondern kommt durch den Regler in Abhängigkeit von der Drehzahl n, d. h. von der Winkelgeschwindigkeit ω:

$$W_1 = W(\omega) = W_{\omega_0} + \left(\frac{dW}{d\omega}\right)_{\omega_0} \cdot (\omega - \omega_0) + \left(\frac{d^2W}{d\omega^2}\right)_{\omega_0} \cdot (\omega - \omega_0)^2 + \ldots .$$

Unter Vernachlässigung der höheren Glieder der Potenzreihe, d. h. unter der Voraussetzung, daß die Reglerkennlinie im betrachteten Gebiet gerade ist, wird:

$$W_1 = W_{\omega_0} + \left(\frac{dW}{d\omega}\right)_{\omega_0} \cdot (\omega - \omega_0).$$

Beträgt der Drehzahlabfall der Kraftmaschine von Leerlauf bis Vollast $r\,\%$, so ist:

$$\frac{dW}{d\omega} = -\frac{100\,\% \cdot W_{\text{norm.}}}{r\,\% \cdot \omega_{\text{norm.}}} = \text{konst.}$$

Durch Übergang von den Winkelgeschwindigkeiten ω zu den Winkelwegen α wird ferner bei



einer Maschine mit p Polpaaren, wenn α in elektrischen Graden gemessen wird:

$$\omega = \omega_0 + \frac{1}{p} \cdot \frac{d\alpha}{dt},$$

also:

$$W_1 = W_{\omega_0} - \frac{100}{r} \cdot \frac{W_{norm.}}{\omega_0 p} \cdot \frac{d\alpha}{dt}.$$

Das erste Glied W_{ω_0} rechts ist die konstante mittlere Leistungszufuhr, das zweite Glied berücksichtigt den Einfluß des Reglers. Da dieser, wie oben auseinandergesetzt, nicht unmittelbar wirkt, sondern erst nach der Verzögerungszeit T_v, sei das für die Reglerwirkung maßgebende Glied $\frac{d\alpha}{dt}$ in eckige Klammern gesetzt und mit dem Index T_v versehen:

$$W_1 = W_{\omega_0} - \frac{100}{r} \cdot \frac{W_{norm.}}{\omega_0 p} \cdot \left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v}.$$

Die elektrisch abgegebene Leistung W_2 ist bei Synchronmaschinen abhängig vom Voreilwinkel ϑ zwischen Leerlauf-EMK und Belastungsspannung:

$$W_2 = W(\vartheta).$$

Entwickelt man wiederum in eine Potenzreihe:

$$W_2 = W_{\vartheta_0} + \left(\frac{dW}{d\vartheta}\right)_{\vartheta_0} \cdot (\vartheta - \vartheta_0) + \left(\frac{d^2W}{d\vartheta}\right)_{\vartheta_0} \cdot (\vartheta - \vartheta_0)^2 + \ldots.$$

vernachlässigt die höheren Glieder:

$$W_2 = W_{\vartheta_0} + \left(\frac{dW}{d\vartheta}\right)_{\vartheta_0} \cdot (\vartheta - \vartheta_0)$$

und geht zu den Winkelwegen in elektrischen Graden über, so wird:

$$W_2 = W_{\vartheta_0} + W_s \cdot \alpha.$$

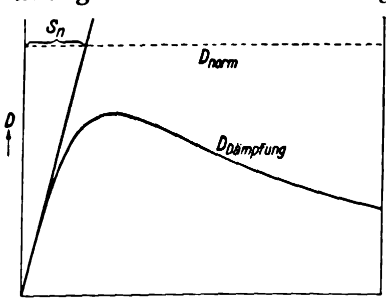


Bild 1. Abhängigkeit des Dämpfungsdrehmomentes vom Schlupf.

Hierin ist

$$W_s = \left(\frac{dW}{d\vartheta}\right)_{\vartheta_0}$$

die synchronisierende Leistung, die meist näherungsweise als Produkt aus Kurzschlußverhältnis und Nennleistung angenommen wird. Das Kurzschlußverhältnis liegt bei neueren Maschinen meist zwischen den Werten 2,2 und 3,0.

Die Beschleunigungsleistung W_Θ ist gegeben als zeitliche Ableitung der in der Maschine aufgespeicherten Wucht:

$$W_\Theta = \frac{d}{dt}\left(\frac{1}{2}\,\Theta\,\omega^2\right) = \Theta\omega\frac{d\omega}{dt}.$$

Durch Einsetzen von:

$$\omega = \omega_0 + \frac{1}{p} \cdot \frac{d\alpha}{dt}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{p} \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2}$$

und Vernachlässigung höherer Glieder wird:

$$W_\Theta = \frac{\Theta \cdot \omega_0}{p} \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2},$$

worin beim Übergang zum elektrischen Maß (Watt) noch der Faktor g hinzuzufügen ist:

$$W_\Theta = \frac{\Theta g \cdot \omega_0}{p} \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2}.$$

Die Dämpfungsleistung W_D einer parallelarbeitenden Synchronmaschine wird bei auftretenden Schwingungen aufgezehrt von den massiven Polschuhen oder von in den Polschuhen untergebrachten Käfigwicklungen, die die Eigenschaften eines Asynchronmotors haben. Das Dämpfungsmoment ist also dem Schlupf s proportional und wirkt nach der Richtung des Synchronismus hin. Diese Proportionalität gilt zwar nur in der Nähe der synchronen Drehzahl, d. h. für kleine Schlupfwerte s, aber nur solche kommen bei Pendelungen überhaupt in Betracht. Für Asynchronmaschinen trägt man als Kennlinie meist das Drehmoment in Abhängigkeit vom Schlupf s auf (Bild 1). Für die Dämpferwicklung einer Synchronmaschine kann man diese Kennlinie experimentell bestimmen, z. B. durch Aufnahme eines Oszillogrammes beim Selbstanlaufvorgang. Zieht man an diese Kennlinie die Tangente im Punkte des Synchronismus, so erreicht diese Tangente das normale Drehmoment $D_{norm.}$ bei einem Schlupfe von s_n %. Die von der Dämpferwicklung umgesetzte Leistung ist dann für kleine Schlupfwerte s dem Schlupf nahezu proportional, man kann sie also ansetzen zu:

$$W_D = \frac{(100 - s_n)\,\% \cdot W_{norm.}}{s_n\,\%} \cdot s.$$

Geht man vom Schlupf wieder zu den Winkelgeschwindigkeiten ω und von da zu den Winkel-

wegen α in elektrischen Graden über, so wird:

$$W_D = \frac{100 - s_n}{s_n} \cdot W_{norm.} \cdot \frac{\omega - \omega_0}{\omega_0}$$
$$= \frac{100 - s_n}{s_n} \cdot \frac{W_{norm.}}{\omega_0} \left(\omega_0 + \frac{1}{p} \cdot \frac{d\alpha}{dt} - \omega_0\right)$$
$$W_D = + \frac{100 - s_n}{s_n} \cdot \frac{W_{norm.}}{\omega_0} \cdot \frac{d\alpha}{dt}.$$

Durch Einsetzen dieser einzelnen Glieder in die Gleichgewichtsbedingung:

$$W_1 = W_2 + W_\Theta + W_D$$

ergibt sich:

$$W_{\omega_0} - \frac{100}{r} \cdot \frac{W_{norm.}}{\omega_0 p} \left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v} = W_{\vartheta_0} + W_s \cdot \alpha$$
$$+ \frac{\Theta g \cdot \omega_0}{p} \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{100 - s_n}{s_n} \cdot \frac{W_{norm.}}{\omega_0 p} \cdot \frac{d\alpha}{dt}.$$

W_{ω_0} und W_{ϑ_0} sind konstante Größen und halten sich im stationären Betriebe allein das Gleichgewicht, es ergibt sich somit als Differentialgleichung für den elektromechanischen Ausgleichsvorgang nach einer Belastungsänderung einer Synchronmaschine im Parallelbetrieb:

$$\frac{\Theta g \cdot \omega_0}{p} \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{100 - s_n}{s_n} \cdot \frac{W_{norm.}}{\omega_0 p} \cdot \frac{d\alpha}{dt}$$
$$+ \frac{100}{r} \cdot \frac{W_{norm.}}{\omega_0 p} \cdot \left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v} + W_s \cdot \alpha = 0.$$

Setzt man noch:

$$\omega_0 p = 2\pi f$$

ein, so entsteht:

$$\frac{\Theta g \cdot 2\pi f}{p^2} \cdot \frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{100 - s_n}{s_n} \cdot \frac{W_{norm.}}{2\pi f} \cdot \frac{d\alpha}{dt}$$
$$+ \frac{100}{r} \cdot \frac{W_{norm.}}{2\pi f} \cdot \left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v} + W_s \cdot \alpha = 0.$$

Auswertung der Differentialgleichung. Bereits aus dieser Differentialgleichung ersieht man, daß das Glied mit $\left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v}$, das den Einfluß des Kraftmaschinenreglers berücksichtigt, gleichartig ist mit dem Dämpfungsglied, das $\frac{d\alpha}{dt}$ enthält, denn beides sind Differentialquotienten erster Ordnung. Unterschieden sind sie nur durch den am ersteren befindlichen Index T_v, der ihre zeitliche Verschiebung andeutet. Ist $T_v = 0$, wirkt also der Regler unmittelbar ohne jede Verzögerung auf die Welle ein, so fällt die eckige Klammer mit dem Index T_v fort, und beide Glieder lassen sich in eins zusammenziehen. Die Reglerwirkung hat also dann den Charakter einer Dämpfung, sie würde auch bei der ungedämpften Maschine ein Abklingen einer vorhandenen Schwingung bewirken. Ist die Maschine an sich schon gedämpft, so wird die Dämpfung noch um die unverzögerte Reglerwirkung verstärkt.

Ist dagegen die Reglerverzögerungszeit T_v gleich der halben Eigenschwingungsdauer $^1/_2 T_0$ der Synchronmaschine, so wirkt der Regler, wenn sich die Schwingungsdauer nicht ändert, um eine halbe Schwingung phasenverschoben, das Reglerglied kehrt also sein Vorzeichen in der Differentialgleichung um, der Reglereinfluß hat den Charakter einer negativen Dämpfung. Eine vorhandene kleine Schwingung einer ungedämpften Maschine wird also nicht abklingen, sondern sich durch die Reglerwirkung zu immer größeren Ausschlägen aufschaukeln. Ist die Maschine an sich

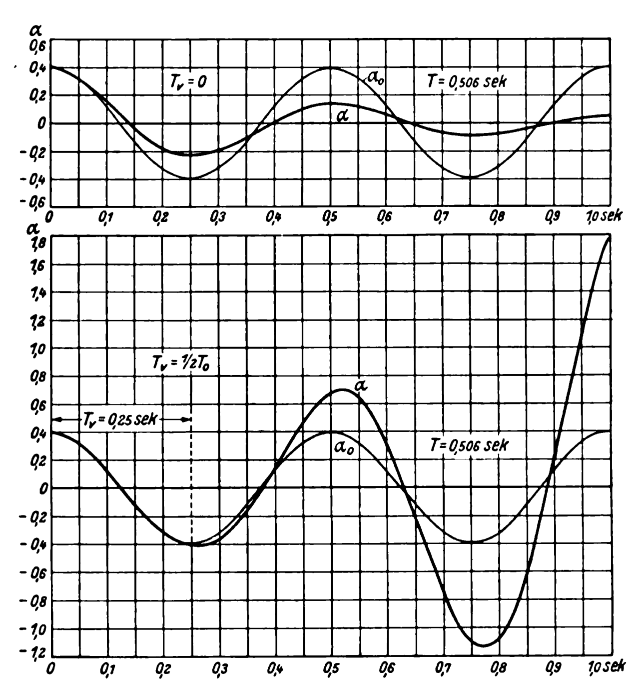


Bild 2 u. 3. Schwingungen einer ungedämpften Synchronmaschine im Parallelbetrieb unter dem Einfluß einer Verzögerungszeit T_v des Kraftmaschinenreglers.

α = Schwingungen mit Reglerwirkung, Schwingungsdauer T,
α_0 = Schwingungen ohne Reglerwirkung, Schwingungsdauer T_0 = 0,500″.

gedämpft, so wird die Dämpfung durch die um $T_v = {}^1/_2 T_0$ verzögerte Reglerwirkung geschwächt oder aufgehoben oder sogar in negative Dämpfung

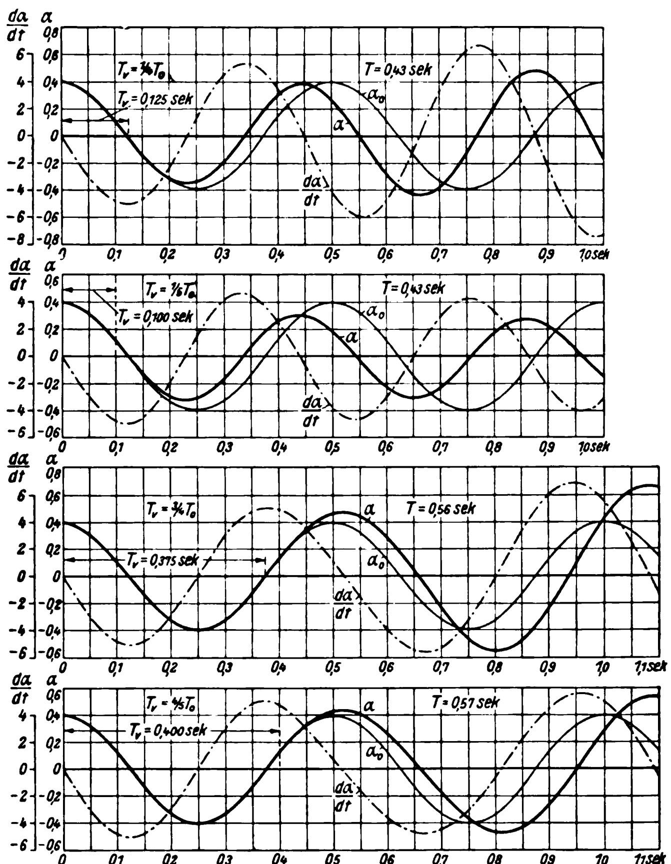


Bild 4—7. Schwingungen einer ungedämpften Synchronmaschine im Parallelbetrieb unter dem Einfluß einer Verzögerungszeit T_v des Kraftmaschinenreglers.

α = Schwingungen mit Reglerwirkung, Schwingungsdauer T,
α_0 = Schwingungen ohne Reglerwirkung, Schwingungsdauer $T_0 = 0{,}500''$.

umgekehrt. In diesem speziellen Falle $T_v = {}^1/_2 T_0$ erhält man bereits eine gut angenäherte Beschreibung des Selbsterregungsvorganges, wenn man im Reglerglied $\left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v}$ die eckigen Klammern mit dem Index T_v wegläßt und das Vorzeichen dafür umkehrt. Die Lösung dieser Differentialgleichung, die dann leicht durchführbar ist, ergibt einen Schwingungsvorgang mit zeitlich exponentiell ansteigender Schwingungsweite.

Für andere Werte der Reglerverzögerungszeit T_v zwischen 0 und T_0 läßt sich der entstehende Schwingungsvorgang nicht unmittelbar übersehen, er läßt sich aber von Fall zu Fall durch graphische Integration der Differentialgleichung für verschiedene Reglerverzögerungszeiten T_v ermitteln. Das sei im folgenden noch durchgeführt.

Graphische Lösung der Differentialgleichung. Jede graphische Lösung läßt sich nur mit Hilfe von zahlenmäßigen Unterlagen durchführen. Als solche seien hier die Daten einer älteren Synchronmaschine gewählt:

$$f = 50 \sim/\text{s},$$
$$p = 14 \text{ Polpaare, also: } n = 214 \text{ Umdr/min},$$
$$\Theta \cdot g = {}^1/_4 GD^2 = 1000 \text{ kgm}^2,$$
$$W_{norm.} = 100 \text{ kW},$$
$$W_s = 252 \text{ kW},$$
$$\omega_0 = n \cdot \frac{\pi}{30} = 22{,}4 \text{ s}^{-1}.$$

Mit diesen Zahlenwerten errechnet sich die Eigenschwingungszahl der Maschine an einem unendlich starren Netz ohne Berücksichtigung der Dämpfung und des Reglereinflusses zu:

$$F_0 = \frac{14\,450}{n} \cdot \sqrt{\frac{f \cdot W_s}{G D^2}} = 120 \sim/\text{min},$$
$$T_0 = \frac{60}{F_0} = 0{,}500 \text{ s},$$

ein Wert, der mit dem gemessenen genügend gut übereinstimmt.

Für den Drehzahlabfall der Kraftmaschine von Leerlauf bis Voll-Last unter dem Einfluß des Reglers ist $r = 5\%$ eingesetzt, da dieser Zahlenwert im allgemeinen für einen Regler vorgeschrieben wird. Für den Wert s_n, in dem die Tangente an die Dämpfungs-Drehmomenten-Kennlinie das normale Moment erreicht, sind zur Erzielung bequemer Zahlenwerte die drei Annahmen $s_n = 100;\ 9{,}1;\ 4{,}76\%$ gemacht worden, was einer Maschine ganz ohne Dämpfung, mit normaler Dämpfung und mit starker Dämpfung entsprechen dürfte.

Durch Einsetzen der Zahlenwerte in die Differentialgleichung ergibt sich dann:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \frac{100 - s_n}{s_n} \cdot 0{,}2 \cdot \frac{d\alpha}{dt} + \frac{100}{r} \cdot 0{,}2 \cdot \left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v} + 157{,}5 \cdot \alpha = 0.$$

Also für $r = 5\%$ und:

$$s = 100\%: \quad \frac{d^2\alpha}{dt^2} + 4 \cdot \left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v} + 157{,}5 \cdot \alpha = 0,$$
$$s = 9{,}1\%: \quad \frac{d^2\alpha}{dt^2} + 2 \cdot \frac{d\alpha}{dt} + 4 \cdot \left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v} + 157{,}5 \cdot \alpha = 0,$$
$$s = 4{,}76\%: \quad \frac{d^2\alpha}{dt^2} + 4 \cdot \frac{d\alpha}{dt} + 4 \cdot \left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v} + 157{,}5 \cdot \alpha = 0.$$

Für diese drei Differentialgleichungen ist auf graphischem Wege die Lösung schrittweise er-

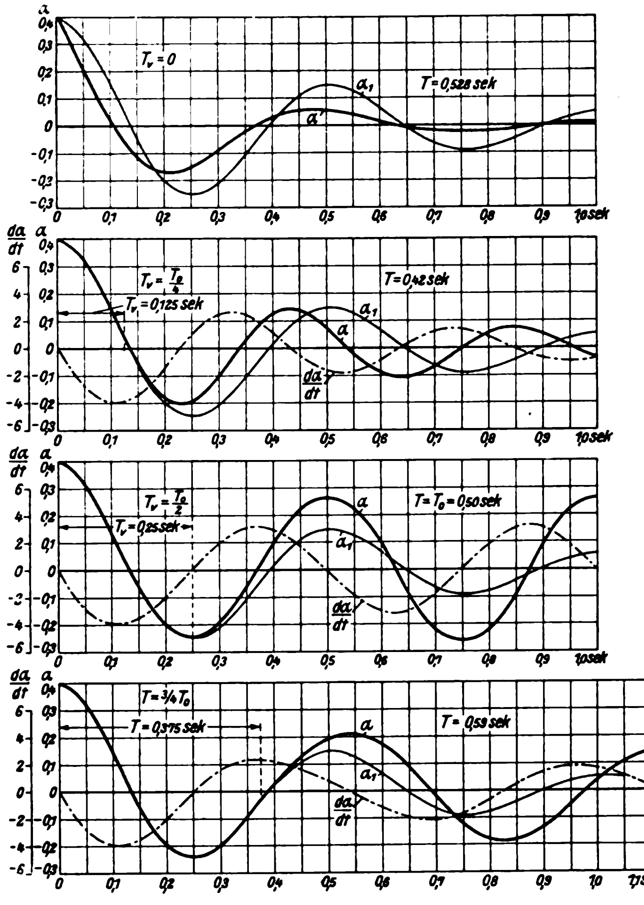


Bild 8—11. Schwingungen einer gedämpften Synchronmaschine im Parallelbetrieb unter dem Einfluß einer Verzögerungszeit T_v am Kraftmaschinenregler.

α = Schwingungen mit Reglerwirkung und mit Dämpfung T.
α_1 = Schwingungen ohne Reglerwirkung und mit Dämpfung $T_1 = 0{,}506''$,
α_0 = Schwingungen ohne Reglerwirkung und ohne Dämpfung $T_0 = 0{,}500''$.

mittelt worden, indem für das Reglerglied mit $\left[\frac{d\alpha}{dt}\right]_{T_v}$ nicht der augenblickliche, sondern der um T_v zurückliegende Wert eingesetzt worden ist. Die Lösungen sind immer für verschiedene Reglerverzögerungszeiten durchgeführt. Die Anfangsbedingungen sind dabei so gewählt, daß zu Beginn des Ausgleichsvorganges für die Zeit $t = 0$ der Winkelweg $\alpha = +0{,}4$ und die Winkelbeschleunigung bzw. der Schlupf $\frac{d\alpha}{dt} = 0$ gesetzt ist. Dies entspricht etwa dem Fall, daß eine Synchronmaschine plötzlich vom Leerlauf auf Voll-Last belastet wird. Denn aus der Gleichung für die elektrisch abgegebene Leistung:

$$W_2 = W_{\vartheta_0} + W_s \cdot \alpha$$

folgt, wenn man für den Leerlauf vor dem Schaltvorgang $W_{\vartheta_0} = 0$ setzt:

$$\alpha = \frac{W_2}{W_s} = \sim + 0{,}4 = \sim 23^\circ \text{ el.}$$

mit den angenommenen Zahlenwerten.

In Bild 2 und 3 sind die Schwingungen einer ungedämpften Maschine für die Reglerverzögerungszeiten $T_v = 0$ und $T_v = {}^1/_2\, T_0$ dargestellt, wobei $T_0 = 0{,}500$ s ist. Man kann diese Schwingungen analytisch aus der Gleichung:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} \pm 4\,\frac{d\alpha}{dt} + 157{,}5 \cdot \alpha = 0$$

ableiten mit der Lösung:

$$\alpha = A \cdot \varepsilon^{\mp dt} \cdot \cos(vt + \varphi),$$

oder mit den hier gewählten Anfangsbedingungen:

$$\alpha = +0{,}4 \cdot \varepsilon^{\mp 2t} \cdot \cos\left(\sqrt{157{,}5 - 2^2} \cdot t + \varphi\right)$$
$$= +0{,}4 \cdot \varepsilon^{\mp 2t} \cdot \cos\left(\frac{2\pi t}{0{,}506''} + \varphi\right).$$

Dabei gilt das obere Vorzeichen für $T_v = 0$, das untere für $T_v = {}^1/_2 T_0$. Für $T_v = 0$ klingen also die Schwingungsweiten exponentiell ab, genau wie bei der gedämpften Maschine ohne Reglerbeeinflussung; für $T_v = {}^1/_2 T_0$ dagegen wachsen die Schwingungsweiten exponentiell an, es tritt Selbsterregung ein. Die Schwingungsdauer $T = 0{,}506$ s unterscheidet sich nur unwesentlich von der Eigenschwingungsdauer $T_0 = 0{,}500$ s.

Bild 4 zeigt die graphische Lösung für die ungedämpfte Maschine und für eine Reglerverzögerungszeit von $T_v = {}^1/_4\, T_0 = 0{,}125$ s. Hier ist vor allem ein wesentlicher Einfluß auf die Schwingungsdauer T auffällig, die gegenüber der Eigenschwingungsdauer T_0 stark verkürzt wird. Dadurch wird aber auch die Phasennacheilung der Reglerwirkung ${}^1/_4\, T_0$ größer als ${}^1/_4\, T$, sie rückt also mehr nach ${}^1/_2\, T$, und die Schwingungsweiten wachsen daher noch etwas an. Es tritt also auch hier eine Selbsterregung von Schwingungen ein, wenn auch wesentlich schwächer als bei $T_v = {}^1/_2\, T_0$.

Es ist daher in Bild 5 auch noch der Einfluß einer etwas geringeren Verzögerungszeit $T_v = 0{,}100$ s untersucht. Auch hier zeigt sich noch die starke Verringerung der Schwingungsdauer T, doch wachsen die Schwingungsweiten hier nicht mehr an, sondern sie klingen, wenn auch nur ganz schwach, ab.

Bild 6 zeigt den Einfluß einer Reglerverzögerungszeit von $T_v = {}^3/_4\, T_0 = 0{,}375$ s. Hier ist die Schwingungsdauer T gegen die Eigenschwingungsdauer T_0, erheblich vergrößert. Da-

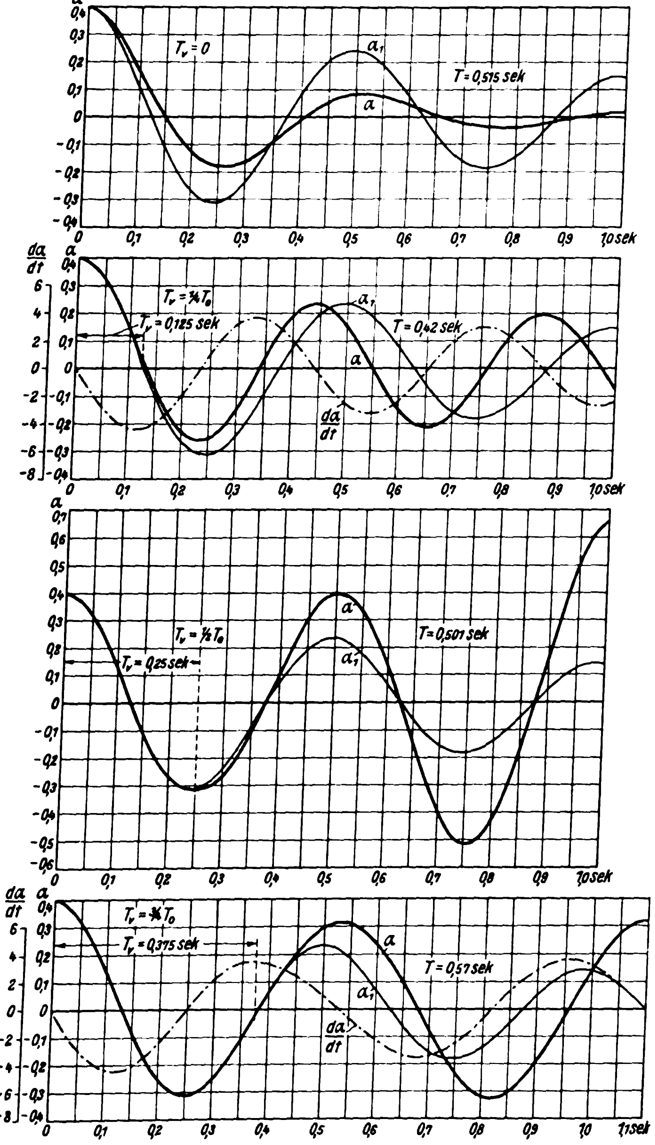


Bild 12—15. Schwingungen einer gedämpften Synchronmaschine im Parallelbetrieb unter dem Einfluß einer Verzögerungszeit T_v am Kraftmaschinenregler.

α = Schwingungen mit Reglerwirkung und mit Dämpfung T,
α_1 = Schwingungen ohne Reglerwirkung und mit Dämpfung $T_1 = 0{,}506''$,
α_0 = Schwingungen ohne Reglerwirkung und ohne Dämpfung $T_0 = 0{,}500''$.

durch ist aber die Phasennacheilung der Reglerwirkung $^3/_4\,T_0$ kleiner als $^3/_4\,T$, sie rückt also näher an $^1/_2\,T$, und infolgedessen treten auch hier noch wachsende Schwingungsweiten, d. h. Selbsterregung, auf.

Es ist daher in Bild 7 noch für eine etwas größere Verzögerungszeit $T_v = 0{,}400$ s das Verhalten der Maschine untersucht. Es zeigt sich auch hier wieder die Vergrößerung der Schwingungsdauer und noch immer ein wenn auch sehr schwaches Anwachsen der Schwingungsweiten.

In Bild 8—11 sind dieselben Untersuchungen für eine Maschine mit Dämpfung ($s_n = 9{,}1\%$) durchgeführt, und zwar wieder für die Reglerverzögerungszeiten $T_v = 0$, $^1/_4\,T$, $^1/_2\,T_0$, $^3/_4\,T_0$. Es zeigen sich hier grundsätzlich dieselben Ergebnisse: Für $T_v = 0$ Verstärkung der Dämpfung um den Reglereinfluß, also sehr starke Dämpfung bei nahezu unveränderter Schwingungsdauer; für $T_v = {}^1/_4\,T_0 = 0{,}125$ s starke Verkleinerung der Schwingungsdauer T bei nur unwesentlich veränderter Dämpfung; für $T_v = {}^1/_2\,T_0 = 0{,}250$ s Verminderung der Dämpfung um den Reglereinfluß, so daß noch eine negative Dämpfung, d. h. Selbsterregung von Schwingungen, zustande kommt, bei nahezu unveränderter Schwingungsdauer; endlich für $T_v = {}^3/_4\,T_0 = 0{,}375$ s starke Vergrößerung der Schwingungsdauer T bei stark verminderter Dämpfung.

In Bild 12—15 endlich ist noch eine Maschine mit starker Dämpferwicklung ($s_n = 4{,}76\%$) der gleichen Behandlung unterworfen worden, wobei die Ergebnisse ebenfalls die gleichen sind. Hier ist aber die Dämpfung so stark gewählt, daß sie im ungünstigsten Falle, nämlich bei einer Verzögerungszeit $T_v = {}^1/_2\,T_0 = 0{,}25$ s, der Reglerwirkung, die um eine halbe Schwingungsdauer nacheilt, gerade das Gleichgewicht hält. Hier treten also auch in diesem ungünstigsten Falle keine selbsterregten Schwingungen mehr auf, sondern nach dem Einsetzen der Reglerwirkung bleiben die Schwingungen, die vorher abklingen, gerade ungedämpft fortbestehen. Die Schwingungsdauer ist dabei ebenfalls die gleiche wie bei der ungedämpften Maschine, denn man kann ja die Differentialgleichung der Schwingungen für diesen Fall unmittelbar ohne Dämpfungsglied ansetzen:

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} + 4\,\frac{d\alpha}{dt} - 4\,\frac{d\alpha}{dt} + 157{,}5 \cdot \alpha = \frac{d^2\alpha}{dt^2} + 157{,}5 \cdot \alpha = 0.$$

Für noch größere Reglerverzögerungszeiten T_v, die die Schwingungsdauer T überschreiten, herrschen natürlich nahezu die gleichen Verhältnisse wie für $(T_v - T)$, allein die Übergangserscheinungen sind ein wenig verändert.

Hat eine Synchronmaschine eine noch stärkere Dämpfung, als im letzten Falle angenommen, so wird jeder Belastungsstoß an der Maschine in

gedämpften Schwingungen abklingen, auch im ungünstigsten Falle, wenn die Reglerverzögerungszeit gerade halb so groß ist wie die Eigenschwingungsdauer der Maschine. Eine Selbsterregung von Schwingungen kann also dann nicht mehr eintreten.

Mittel zur Beseitigung der Selbsterregung. Nachdem im vorstehenden die Ursache der Selbsterregung ausführlich behandelt und der Verlauf der Schwingungen, wenigstens in idealisierten Fällen, verfolgt worden ist, könnte es scheinen, als wäre das beste Mittel zur Beseitigung der Schwierigkeiten die Anbringung einer sehr kräftigen Dämpferwicklung im Läufer der Synchronmaschine. Dem stehen aber wichtige Erwägungen wirtschaftlicher Art entgegen: einmal ist die Anbringung einer Dämpferwicklung mit erheblichen Kosten verbunden, und zweitens kann die Dämpferwicklung überhaupt erst dann zur Wirkung kommen, wenn bereits Schwingungen vorhanden sind, und sie verzehrt dann die abgedämpfte Energie.

Als viel besseres Mittel zur Beseitigung selbsterregter Schwingungen parallelarbeitender Synchronmaschinen erscheint daher die Beseitigung ihrer Ursache, indem die Verzögerungszeit des Kraftmaschinenreglers so gewählt wird, daß sie nicht in das kritische Gebiet von $^1/_4$ bis $^3/_4$ der elektromechanischen Eigenschwingungsdauer der Maschine fällt. Dabei fällt jedes Verzehren von abgedämpfter Schwingungsenergie weg, da die Energiezufuhr überhaupt nicht mehr schwankt, sondern vergleichmäßigt wird. Wenn es auch vielfach mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden sein wird, die Reglerverzögerungszeit unter $^1/_4$ der Eigenschwingungsdauer herunterzudrücken, so wird doch eine Verlängerung der mittleren Reglerverzögerungszeit über $^3/_4$ der Eigenschwingungsdauer der Synchronmaschine hinaus in den meisten Fällen möglich sein, wenn bereits bei der Projektierung darauf Rücksicht genommen wird. Es erscheinen daher oft gerade neuzeitliche, rasch arbeitende und empfindliche Kraftmaschinenregler unerwünscht, dagegen träge Regler als erwünscht für den einwandfreien Parallelbetrieb von Synchronmaschinen.

Zusammenfassung. Nach einem Hinweis auf den Unterschied zwischen Resonanz- und selbsterregten Schwingungen von parallelarbeitenden Synchronmaschinen wird die Entstehung der letzteren unter dem Einfluß der verzögerten Wirkung des Kraftmaschinenreglers erklärt. Aus dem Leistungsfluß der Synchronmaschine wird die Differentialgleichung der selbsterregten Schwingungen abgeleitet, besprochen und für einige Fälle graphisch gelöst. Ursachen der selbsterregten Schwingungen und die Mittel zu ihrer Beseitigung werden angegeben.

Neuerungen im Förderwesen des Nürnberger Werkes der SSW

Von Dipl.-Ing. Fritz Wiessner, Oberingenieur im Nürnberger Werk.

Die in den ersten Jahren der Nachkriegszeit einsetzende Bewegung zur Verbesserung der Betriebsverhältnisse und Verbilligung der Fabrikation lenkte die Aufmerksamkeit auch auf die im Werkstätten-Förderwesen bestehenden Mängel, zu deren Beseitigung eine straffere Organisation des Förderwesens und Vervollkommnung der Fördermittel als nötig erkannt wurden.

Bis Ende 1921 waren den Meistereien außer den erforderlichen Innentransportarbeitern auch noch Leute zugeteilt, denen in erster Linie die Erledigung der Transporte zwischen den einzelnen Meistereien, also der Außentransporte, oblag.

Das erste Ergebnis der angestellten Untersuchungen war bald die Errichtung von vier Außentransportkolonnen. Die bislang in den Abteilungen und Meistereien verteilten Außentransportarbeiter wurden diesen Kolonnen zugeteilt. Damit war im großen und ganzen eine reinliche Trennung von Außen- und Innentransport gegeben, die infolge der Verzweigtheit und des Ausmaßes der Werke am Platze war.

Während eine Betriebsstelle programmäßig im Zusammenhang mit sonstigen Fortschrittsarbeiten am Ausbau des Innentransportwesens unter Einführung von Hubtransport- und Sondertransportgeräten arbeitete, oblag es dem Transportingenieur, eine Verbesserung des Außentransportwesens herbeizuführen. Als wichtiges Hilfsmittel für das Studium und für die Verbesserung der Transportverhältnisse dienten dabei die neueingeführten Transportarbeitsscheine (Bild 1) insofern dem

Datum 20. 6. 21. Herr Heilmann 13

Abt. 20a Kontroll-No. 3701

Nicht verrechneter Lohn.

Bezeichnung der Arbeit — Arbeits-№ 19

Transport von Materialien u. Fabrikaten.

Lohn-Woche	Mont.	Dienst.	Mittw.	Donn.	Freit.	Sonnab.	Sonntag	Summe d. Stunden	à Pf.	Erhalten am	M	Pfg
48	8	8	8	8	8	4	—	44	—	48.	109	12
									T. Z.		125	40

vom Arbeiter auszufüllen

Zettel sauber halten!

Montag									
Abt	20a	42	20a	21	20a	21	21	30	Std.
an	7.00	7.30	8.00	8.15	8.25	8.40	8.55	9.10	
ab	7.15	7.45	8.10	8.20	8.35	8.50	9.05	9.20	
Abt.	20a	27	20a	21	30	20a	21	30	
an	9.30	10.00	10.20	10.30	10.50	11.00	12.10	12.30	
ab	9.50	10.15	10.25	10.45	10.55	12.05	12.25	12.40	
Abt	20a	21	28	23	30	30	21	194	
an	12.55	1.25	2.00	2.10	2.25	2.40	3.05	3.15	
ab	1.15	1.55	2.05	2.20	2.35	3.00	3.10	3.25	

Dienstag									
Abt	20a	21	21	30	30	91	175	20a	Std.
an	7.00	7.25	7.50	8.00	8.15	8.40	8.55	9.05	
ab	7.20	7.45	7.55	8.10	8.35	8.45	9.00	9.35	
Abt.	23	30	20a	21	23	20a	21	23	
an	9.40	10.05	10.25	10.50	11.20	11.50	12.30	12.50	
ab	10.00	10.10	10.45	11.15	11.25	12.25	12.45	1.00	
Abt	30	20a	21	30	20a	23	30	20a	
an	1.05	1.25	1.50	2.15	2.40	2.50	3.10	3.25	
ab	1.20	1.45	2.10	2.35	2.45	3.05	3.20		

Bei den Meistereien melden und ausfüllen lassen.

Mittwoch									
Abt	20a	23	20a	23	21	20a	21	20a	Std.
an	7.00	7.40	8.10	8.35	8.45	9.05	9.45	10.05	
ab	7.35	8.05	8.30	8.40	9.00	9.35	10.00	10.30	
Abt	23	21	20a	21	21	20a	21	25	
an	10.35	10.50	11.45	12.10	12.25	12.35	1.05	1.45	
ab	10.45	11.10	12.05	12.20	12.30	1.00	1.40	2.00	
Abt	200	23	44	20a					
an	2.10	2.50	3.10	3.30					
ab	2.45	3.00	3.20						

Freitag									
Abt	20a	21	30	20a	21	30	20a	21	Std.
an	7.00	7.20	7.50	8.07	8.45	9.05	9.35	10.15	
ab	7.15	7.45	8.00	8.40	9.00	9.25	10.10	10.35	
Abt	25	30	20a	40a	23	30	20a	21	
an	10.40	10.50	11.40	12.20	1.10	1.40	1.55	2.35	
ab	10.05	11.05	12.05	12.45	1.35	1.50	2.30	3.00	
Abt	25	25	20a						
an	3.05	3.15	3.30						
ab	3.10	3.20							

Donnerstag									
Abt	20a	21	20a	21	23	25	20a	21	Std.
an	7.00	7.20	7.55	8.20	8.55	9.10	9.20	10.10	
ab	7.15	7.45	8.15	8.50	9.05	9.15	10.00	10.25	
Abt	29	23	20a	25	20a	25	21	23	
an	10.30	10.40	10.55	11.10	12.30	12.55	1.20	1.30	
ab	10.35	10.45	11.05	12.20	12.50	1.15	1.25	1.35	
Abt	30	20a	30	30	20a				
an	1.00	2.00	2.30	2.40	3.20				
ab	1.55	2.20	2.35	3.05					

Samstag									
Abt	20a	200	20a	21	23	175	20a	21	Std.
an	7.00	7.10	7.35	8.05	8.35	8.50	9.00	9.45	
ab	7.05	7.30	8.00	8.30	8.45	8.55	9.35	9.55	
Abt	21	25	200	20a					
an	10.00	10.20	10.40	10.50					
ab	10.05	10.30	10.45						
Abt									
an									
ab									

Bei den Meistereien melden und ausfüllen lassen.

Bild 1. Transportarbeitsschein für Handwagentransporte. (Vorder- und Rückseite.)

Zwecke, als damit über die täglichen Leistungen der Fahrkolonnen eine umfassende Kontrolle möglich wurde. Auf den Transportarbeitsscheinen müssen die Fahrkolonnen stets Ankunfts- und Abfahrtszeiten durch den Meister (oder dessen Stellvertreter) der von ihnen berührten Abteilungen eintragen lassen, so daß aus jedem Arbeitsschein ohne weiteres ersichtlich ist, in welcher Reihenfolge die Abteilungen von den Kolonnen bedient wurden, wieviel Zeit das Be- und Entladen der Wagen beanspruchte und wie lange die eigentliche Fahrzeit dauerte. Aus dem Studium der Transportarbeitsscheine ergab sich eine Fülle von Anregungen für Verbesserungen der Transportverhältnisse, die, in die Tat umgesetzt, es ermöglichten, eine Reihe von Transportarbeitern für andere Arbeiten freizumachen.

Die Grenzen für die Verbesserungen, unter Ausschaltung der Verwendung motorischer Transportmittel, waren jedoch bald gezogen, weil die Förderwege zwischen den einzelnen Abteilungen, die aus baulichen Gründen leider nicht immer den Fabrikationsgängen entsprechend angelegt werden konnten, oftmals von erheblicher Länge waren und eine weitere Kürzung der Transportzeiten nicht zuließen.

Im Frühjahr 1924 wurde mit der Einführung motorischer Transportmittel begonnen, wobei die Wahl aus Gründen der Feuersicherheit und der Geräuschlosigkeit auf elektrisch angetriebene Fahrzeuge fiel.

Es sei vorausgeschickt, daß es sich bei den nachfolgend erwähnten Elektrofahrzeugen um Fabrikate der SSW handelt, und zwar um:

Elektrolastkarren der Type L 1500[1]),
Elektrokrankarren " " L 1500[2]),
Elektroschlepper " " S 302[2]).

Elektrotransportdienst.

Mit der Einführung von Elektrokarren mußte das gesamte Außentransportwesen einer Neuordnung unterzogen werden. Es lag in der Natur der Sache, daß das neue Transportmittel mit den bis dahin unbekannten Ausnutzungsmöglichkeiten einem genauen Studium unterzogen werden mußte. Um diese Verhältnisse zu studieren, wurden den ersten Elektrokarren für die Dauer einiger Wochen Zeitnehmer beigegeben, die in einem Vordruck (Bild 2) sämtliche Be- und Entladezeiten, Wartezeiten usw. für jeden Transport unter Angabe der Art, der Anzahl und des Gewichtes der transportierten Gegenstände festlegten. Die zugehörigen Wegstrecken wurden von einer anderen Stelle eingetragen. Aus den Beobachtungen ging hervor, daß bei manchen Fahrten die Be- und Entladezeiten ganz erheblichen Anteil an der für den Transport überhaupt aufgewendeten Zeit einnahmen und damit die betreffenden Fördergüter für den Plattformtransport auf Elektrokarren nicht ohne weiteres geeignet erschienen. Auch machte sich als großer Übelstand bemerkbar, daß die vorhandenen Aufzüge der Stockwerksbauten infolge der Abmessungen ihrer Förderkörbe den Transport mittels Elektrokarren in die Stockwerke nicht zuließen. Das Ergebnis der Untersuchungen dieser beiden Fragen war die Einführung von Anhängewagen für die Elektrokarren. Dadurch wurde die Wirtschaft-

[1]) Siemens-Zeitschrift 1924, Heft 11/12, Seite 468.

[2]) Siemens-Zeitschrift 1925, Heft 2, Seite 99, Bild 1 u. 4.

Siemens-Schuckertwerke Nürnberger Werk Elektro-Karren Nr. 2	Beobachtungsbogen	Blatt 1. Datum: 19. 3. 24. Beobachter: Popp. Beginn: 7^{10} h, 8^{45} h, 12^{45} h Ende: 8^{30} h, 11^{00} h, 4^{00} h

Fahrt			Ladung				Beobachtungsergebnisse						
Lfde. Nr	Von Abt. Geb.	Nach Abt. Geb.	Stückzahl	Bezeichnung	Type	Gewicht kg	Wartezeit vor Beladen	Beladezeit	Reine Fahrzeit	Wartezeit vor Entladen	Entladezeit	Wegstrecke m
1	151/256	170/267							6^{50}			800
2	170/267	20a/194	22	Wellen		1400		9^{15}	4^{35}		6^{30}	350
3	20a/194	170/267							3^{25}			350
4	170/267	20a/194	22	Wellen		1000		7^{20}	3^{45}		6^{50}	350
5	20a/194	170/267							2^{30}			350
6	170/267	87/190		⌀ Eisen-Klötze		1000		10^{00}	4^{30}		4^{20}	400
7	87/190	170/267							4^{20}			400
8	170/267	87/190		⌀ Eisen-Klötze		1000		5^{15}	3^{55}		3^{50}	400
9	87/190	104/198							2^{15}			120
10	104/198	107/246	1	Schweißumformer		750	2^{50}	3^{10}	2^{40}		2^{05}	250
11	107/246	104/198	2	„		1300		3^{50}	1^{55}		4^{20}	250
12	104/198	107/246	1	„		750		3^{55}	2^{10}		2^{15}	250
13	107/246	104/198	2	„		1300		3^{20}	2^{10}	2^{05}	3^{20}	250
14	104/198	107/246	1	„		650		2^{25}	2^{40}		1^{25}	250
15	107/246	104/198	1	„		750		1^{40}	1^{55}		2^{30}	250
16	104/198	107/246							1^{45}			250
17	107/246	104/198	1	„		750	1^{05}	1^{25}	1^{50}		2^{05}	250
18	104/198	107/246	1	„		750	4^{30}	2^{10}	2^{10}		1^{50}	250
19	107/246	104/198	2	„		1300		2^{50}	1^{40}		3^{00}	250
20	104/198	87/190							1^{55}			120
21	87/190	20a/198	10	Wellen	R 244 i	1450	4^{25}	7^{30}	1^{30}		3^{00}	140
22	20a/198	56/276							2^{30}			300
23	56/276	200/209	15	Gestelle	GM 105	1300		7^{35}	7^{30}		5^{05}	600
24	151/256	200/209							2^{50}			100
25	200/209	54/239	23	Stromabgeber 1 Gestell		200		9^{50}	5^{45}		6^{20}	600
26	54/239	107/246							1^{55}			60
27	107/246	104/198	2	Schweißumformer		1300		3^{35}	1^{50}	4^{05}	3^{55}	250
28	104/198	107/246	1	„		750		2^{25}	2^{15}		2^{20}	250
29	107/246	104/198	2	„		1300		5^{00}	2^{35}		6^{20}	250
30	104/198	107/246	1	„		750		2^{35}	2^{05}		1^{20}	250
31	107/246	104/198	1	„		750		2^{15}	2^{40}	2^{45}	3^{40}	250
32	104/198	107/246	1	„		750		3^{40}	2^{55}		1^{45}	250
33	107/246	104/198	1	„		750		1^{25}	2^{30}	2^{25}	2^{05}	250
34	104/198	107/246	1	„		750		3^{50}	3^{00}		1^{45}	250
35	107/246	104/198	1	„		750		1^{15}	2^{35}		2^{00}	250
36	104/198	200/209							4^{20}			550
37	200/209	25/152	1	Gehäuse	GM 322	1300		6^{10}	4^{15}	2^{50}	4^{05}	300
38	25/152	200/209							3^{10}			300
39	200/209	199/276	16	Ständer	R91/1500	500		13^{10}	5^{05}	2^{30}	5^{55}	550
40	199/276	107/246							2^{10}			120
41	107/246	104/198	1	Schweißumformer		750	2^{15}	1^{50}	2^{55}	2^{15}	2^{35}	250
42	104/198	107/246							2^{25}			250
43	107/246	104/198	1	„		750		2^{35}	1^{45}	6^{00}	2^{30}	250
44	104/198	170/267							2^{40}			300
45	170/267	40a/173	5	Wellen		1345	2^{00}	7^{10}	6^{10}	4^{20}	3^{20}	320
46	40a/173	151/256							3^{40}			450
						28145	16,25	133,05	131,95	27,95	97,40	13830

Bild 2. Beobachtungsbogen.

lichkeit der Elektrokarren außerordentlich gehoben. Die Anzahl der Fahrten, Anzahl der Kilometer und die Menge des täglich transportierten Materials stieg dadurch ganz erheblich.

Was am meisten Sorge bereitete, war die Frage: Wird der Elektrowagen nach Fortfall der Zeitaufnahmen auch weiterhin so gut arbeiten? oder für den Fall, daß dessen Leistung sinkt: Durch welche Mittel kann sie wieder gehoben werden?

Die beim Handwagentransport wohlbewährten Transportarbeitsscheine wurden in diesem Zusammenhang in etwas geänderter Form auf den Elektrofahrdienst übernommen (Bild 3). Durch diese Einführung allein wäre man jedoch über gefärbt worden wären. Es wurde daher an jedem Wagen zusätzlich ein selbstschreibendes Gerät angebracht. Der Apparat wird von einem der Laufräder des Elektrofahrzeugs aus in Betrieb gesetzt und markiert nach je 50 m auf eine durch ein Uhrwerk in Drehung gesetzte Kontrollscheibe Stechmarken. Außerdem werden, sobald der Wagen fährt, am Rande des Blattes durch einen Rüttelhammer Eindrücke (Rüttelmarken) hervorgerufen. Die auswechselbare Kontrollscheibe trägt Stundeneinteilung. Man kann auf den ersten Blick erkennen, ob der Wagen viel gefahren ist und wenig gestanden hat und umgekehrt, oder ob Unterbrechungen von nennenswerter Dauer vorgekommen sind

Siemens-Schuckertwerke Nürnberger Werk — **Transporte mit Elektrofahrzeugen** — Abteilung: 181

Lohnwoche: 22 1925 — Meister: Riedel 28/II

Donnerstag — Fahrzeugführer: Uebler — Kontroll-Nr.: 3 — Fahrzeug Nr.: 5

Abt.	153	40a	4	85	190	87	86	87	86	194 K	109	195	4	22	45	195	199	45
an		6^{44}	6^{50}	6^{53}	6^{56}	6^{58}	7^{00}	7^{02}	7^{04}	7^{12}	7^{35}	7^{45}	7^{55}	8^{07}	8^{25}	9^{01}	9^{10}	9^{15}
ab	6^{40}	6^{46}	6^{52}	6^{54}	6^{57}	6^{59}	7^{01}	7^{03}	7^{06}	7^{30}	7^{42}	7^{51}	8^{02}	8^{20}	8^{56}	9^{03}	9^{12}	9^{17}
mit Anh. Nr.		5		11		9		6	9		4	11				4		
Abt.	4	93	4	194 ö	194 K	61	199	71	109	195	93	4	71	199	194 ö	109	199	71
an	9^{18}	9^{30}	9^{40}	9^{42}	9^{49}	9^{55}	10^{00}	10^{09}	10^{20}	10^{30}	10^{36}	10^{50}	10^{56}	11^{02}	11^{07}	11^{15}	11^{21}	11^{27}
ab	9^{20}	9^{32}	9^{41}	9^{46}	9^{51}	9^{57}	10^{02}	10^{11}	10^{27}	10^{32}	10^{40}	10^{55}	10^{58}	11^{04}	11^{12}	11^{20}	11^{22}	11^{29}
mit Anh. Nr.	5	3			9		4		11		5		4				4	
Abt.	4	93	4	93	71	109	195	4	93	86	40a	56	200	195	194 E	22	199	109
an	11^{38}	11^{55}	12^{50}	1^{10}	1^{19}	1^{28}	1^{35}	1^{42}	2^{00}	2^{05}	2^{10}	2^{13}	2^{21}	2^{26}	2^{31}	2^{39}	2^{53}	3^{04}
ab	11^{45}	11^{57}	1^{00}	1^{15}	1^{21}	1^{30}	1^{37}	1^{50}	2^{02}	2^{08}	2^{12}	2^{14}	2^{23}	2^{28}	2^{33}	2^{47}	3^{02}	3^{07}
mit Anh. Nr.	3		5		4	11		3		6		9		11				5
Abt.	195	93	200	56	194 E	40a	194 E	85	26	86	87	86	87	56	200	153		
an	3^{10}	3^{15}	3^{17}	3^{24}	3^{30}	3^{35}	3^{40}	3^{53}	4^{00}	4^{06}	4^{10}	4^{13}	4^{16}	4^{22}	4^{30}	4^{40}		
ab	3^{12}	3^{16}	3^{19}	3^{26}	3^{31}	3^{36}	3^{48}	3^{56}	4^{02}	4^{08}	4^{12}	4^{15}	4^{18}	4^{25}	4^{38}			
mit Anh. Nr.		3	9	12		6	12			6		5		9				

Transportarbeitsschein

Bild 3. Transporte mit Elektrofahrzeugen.

die tatsächlichen Verhältnisse nicht im Bilde gewesen, für den Fall, daß die Eintragungen durch Unregelmäßigkeiten seitens der Beteiligten (Bild 3a). Andererseits können die auf den Transportarbeitsscheinen vorgenommenen Kontrolleintragungen mit den Aufzeichnungen des



Stechblattes verglichen werden. Beide Kontrollmöglichkeiten schaffen nur gemeinsam die gewünschte Klarheit, jede für sich angewandt, erfüllt keinesfalls den gewollten Zweck.

Es ist nicht zu verkennen, daß die beiden Einrichtungen auf den Elektrokarrenführer einen aufmunternden Einfluß ausüben, denn er weiß sich kontrolliert. Jeder der Karrenführer stellt abends mit Befriedigung fest, daß er nach der Anzahl der zurückgelegten Kilometer, die er an der Kontrolluhr selbst ablesen kann, und nach der Anzahl der im Transportarbeitsschein aufgeführten Transporte ein gutes Tagwerk hinter sich hat. Nicht zu verkennen ist auch, daß unter den Karrenführern ein gewisser Sportgeist Platz gegriffen hat, der mit Ursache ist, daß die Leistung von Karren und Mannschaft stets zufriedenstellend ist.

Um zu gewährleisten, daß der Umlauf der Anhängewagen, gemessen an der Anzahl der täglich ausgeführten Fahrten, stets gut bleibt, wurde genau wie bei den Elektrokarren ein Transportarbeitsschein für jeden Anhängewagen eingeführt, in dem Elektrokarrenführer, Aufzugführer bzw. Meister der empfangenden oder liefernden Abteilung Zeiteintragungen vornehmen müssen. Auf diese Weise war es möglich, diejenigen Stellen ausfindig zu machen, die sich beim Be- und Entladen der Anhänger besonders Zeit ließen, und es konnte durch tatkräftiges Zugreifen rechtzeitig Abhilfe geschaffen werden.

Es konnte bisher auch eine durch das Anwachsen der Werkstättenleistung hervorgerufene Zunahme der Transporte mit den vorhandenen Elektrokarren durch weitgehende Verwendung von Anhängewagen bewältigt werden, obgleich die Elektrokarren bei normalem Betrieb bereits voll beschäftigt waren. In diesem Zusammenhang wurde, um einerseits Anschaffungskosten zu sparen und andererseits vorhandenes Material zu verwenden, eine Anzahl stabiler Handwagen mit Anhängedeichsel und rückseitiger Kupplung versehen. Nunmehr verrichten einige Elektrokarren zeitweise nur Schlepperdienst, so daß die Aufenthaltszeiten lediglich auf das An- bzw. Abkuppeln der Anhänger beschränkt bleiben und außerordentlich gering wurden.

Von Anfang an ging das Bestreben dahin, mit möglichst geringem Kostenaufwand Gutes

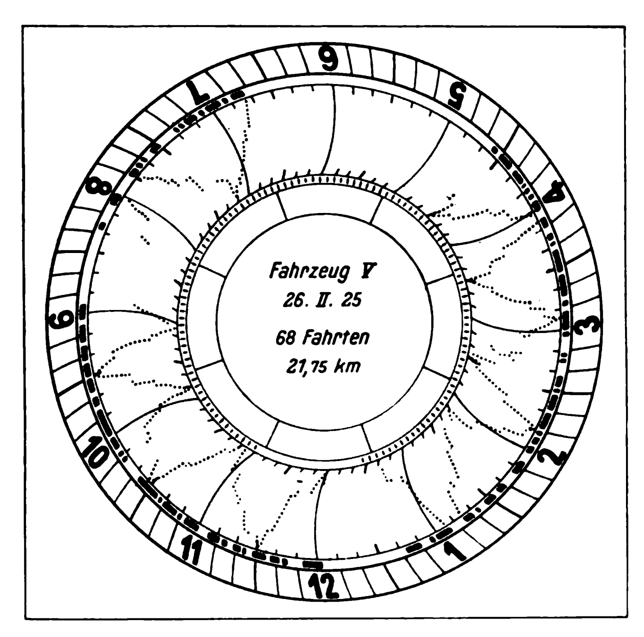


Bild 3a. Die täglichen Kontrollmittel für den Elektrokarren.

zu erreichen und besonders die Kosten der Kontrollmaßnahmen für den Elektrotransportdienst so niedrig wie möglich zu halten. Es lag sehr nahe, weitgehende Aufzeichnungen über Transportwege, Transportgewichte, Voll- und Leerfahrten, sowie über die gebrauchten Belade-, Entlade- und Wartezeiten zu führen. Abgesehen davon, daß die abfertigenden und empfangenden Abteilungen dadurch sehr belastet wären, ist hauptsächlich zu bedenken, daß die Auswertungsarbeiten für diese Aufzeichnungen schon ein ziemliches Ausmaß annehmen. Die Beobachtungen bestätigten die Ansicht, daß auch hier der goldene Mittelweg zu annehmbaren Ergebnissen führt.

Wie aus Bild 4 hervorgeht, wird lediglich Statistik darüber geführt, wieviel Fahrten und Kilometer täglich zurückgelegt werden. Voraussetzung ist natürlich, daß die Fahrbezirke und Fahrpläne für jeden Karren auf Grund genauer Kenntnisse der Betriebs- und örtlichen Verhältnisse aufgestellt sind und daß nach Einlaufen des Fahrplanes die angenommenen Verhältnisse in bezug auf Übereinstimmung mit den tatsächlichen mit Hilfe von Zeitaufnahmen und Beobachtungen geprüft werden.

Für Betriebe, die sehr von der Konjunktur abhängig sind, wird es notwendig sein, je nach Beschäftigungsgrad der Werkstätten mit entsprechenden Fahrplänen zu arbeiten, wenn man

nicht Gefahr laufen will, daß bei abflauendem Geschäftsgang die Elektrotransportgeräte schlecht ausgenutzt sind. In diesem Falle ist es immer noch besser, einen Wagen stillzusetzen, um damit für die anderen Wagen volle Belastung zu schaffen, als sämtliche Wagen nur teilweise auszunutzen. Der Transportingenieur muß deshalb die oben erwähnte Statistik mit Aufmerksamkeit verfolgen, damit er rechtzeitig erkennt, ob er den Transportdienst einschränken oder erweitern muß. Es ist klar, daß z. B. die Verstärkung des Transportdienstes gleichen Schritt mit den Leistungssteigerungen der vorarbeitenden Werkstätten und später der Montagewerkstätten halten muß. In den Teilbearbeitungs- und Montagewerkstätten wird der erfahrene Betriebsmann nach Möglichkeit die Reihenfertigung von der Einzelfertigung getrennt halten. Der gleiche Grundsatz muß für den Transport gelten. Serienfabrikation — Serientransporte, Einzelfabrikation — Einzeltransporte müssen die Richtpunkte für die Organisation des Elektrotransportdienstes sein. Ein Teil der Elektrowagen wird demnach fahrplanmäßig in der Hauptsache nur Teile aus der Serienfabrikation befördern, während ein anderer nur unregelmäßig anfallende Transporte erledigt.

Das Studium der Verhältnisse hat ergeben, daß selbst die Wagen des Serienförderdienstes einen gewissen täglichen Zeitbetrag außerhalb des Fahrplanes verkehren müssen, um Belastungsschwankungen folgen und dringende Transporte außerhalb der Reihe erledigen zu können. Der Transportingenieur wird bei Einteilung des Fahrplanes besonders darauf achten, daß die Wagen nicht auf dem ganzen Fabrikgelände

Siemens-Schuckertwerke Nürnberger Werk — Monat: Februar 1925					Betriebsergebnisse der Elektrokarren				Karren Nr. 5	
Datum	Fahrzeit				Anzahl der Fahrten	Durchschn.-zeit je Fahrt	Kilometer-[1] zähler Stand	Kilometer je Tag	Durchschn. Wegstrecke je Fahrt	
	von	bis	Std.	Min.						
2	6^{45}	— 4^{58}	9	13	54	10,25 Min.	03657	20,75	384 m	
3	6^{40}	— 4^{32}	8	52	55	9,70 „	03727	17,5	320 „	
4	6^{45}	— 5^{00}	9	15	63	8,80 „	03798	17,75	282 „	
5	6^{40}	— 4^{40}	9	—	56	9,65 „	03870	18,0	321 „	
6	6^{45}	— 5^{00}	9	15	79	7,03 „	03956	21,5	272 „	
7	6^{40}	— 11^{00}	4	05	22	11,15 „	03987	7,75	352 „	
9	6^{42}	— 5^{02}	9	20	69	8,12 „	04067	20,0	290 „	
10	6^{54}	— 4^{20}	8	26	63	8,03 „	04139	18,0	286 „	
11	6^{42}	— 4^{57}	9	15	70	7,93 „	04212	18,25	261 „	
12	6^{40}	— 4^{44}	9	04	74	7,35 „	04282	17,50	236 „	
13	—		—	—	—	—	04306	—	—	Reparatur
14	6^{40}	— 10^{55}	4	—	36	6,67 „	04418	7,50	208 „	
16	6^{40}	— 4^{54}	9	14	68	8,15 „	04507	22,25	327 „	
17	6^{40}	— 4^{40}	9	—	71	7,60 „	04585	19,50	274 „	
18	6^{40}	— 5^{02}	9	22	73	7,90 „	04667	20,50	281 „	
19	6^{38}	— 4^{58}	9	20	78	7,18 „	04756	22,25	285 „	
20	6^{40}	— 4^{59}	9	19	66	8,49 „	04828	18,00	273 „	
21	7^{05}	— 10^{53}	3	33	28	7,62 „	04857	7,25	259 „	
23	6^{40}	— 4^{40}	9	—	68	7,95 „	04936	19,75	290 „	
24	6^{45}	— 4^{28}	8	43	64	8,18 „	05019	20,75	324 „	
25	6^{45}	— 4^{57}	9	12	75	7,36 „	05108	22,25	297 „	
26	6^{35}	— 4^{35}	9	—	68	7,94 „	05195	21,75	320 „	
27	6^{40}	— 4^{55}	9	15	65	8,53 „	05275	20,00	308 „	
28	6^{40}	— 11^{08}	4	13	32	7,92 „	05315	10,00	313 „	

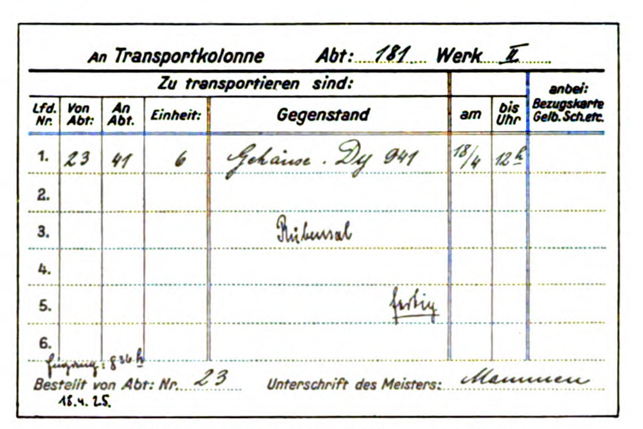
[1]) Die aus dem Zählerstand errechnete Kilometerzahl ist durch vier zu dividieren.

Bild 4. Betriebsstatistik für einen Elektrokarren.

kreuz und quer durcheinanderfahren, und seine Dispositionen so einstellen, daß jedem Wagen ein festumrissenes Gebiet zur Bearbeitung zugewiesen ist. Für Transporte über größere Wegstrecken, besonders wenn auch größere Gewichte in Frage kommen, wird der Elektroschleppdienst gut angewandt sein. Die Zeit für Hin- und Rückfahrt des Schleppwagens genügt in diesen Fällen meistens, um in gleicher Zeitspanne wieder einen oder mehrere Anhängewagen zu beladen bzw. zu entladen. Da ein Elektroschlepper je nach Gewicht der Schlepplast bis zu 5 vollbeladene Anhängewagen ziehen kann, ist er sehr wohl in der Lage, in jeder Schicht ganz erhebliche Gewichte über weite Wegstrecken zu befördern.

Da das Be- und Entladen der Anhänger leider nicht immer so glatt geht, mußten für den Schlepper auch noch andere Arbeitsmöglichkeiten geschaffen werden. Seit einiger Zeit wird er dafür verwandt, Gespannwagen, die früher durch Pferde innerhalb der Fabrik befördert wurden, von einem Ort zum andern zu schleppen. Obwohl die letztgenannten Arbeiten nur etwa 45% der Tagesleistung des Schleppers in Anspruch nehmen, konnten nach Übernahme dieser Transporte zwei Kutscher und zwei Pferde zur Verfügung gestellt werden.

Ebenso wie bei der Kontrolle der Transporte ist man auch bei der Abwicklung der Transportbestellungen bestrebt, mit einem Minimum an Schreibarbeit auszukommen und die Meistereien nicht durch langwieriges Ausfüllen von Vordrucken u. dgl. zu belasten. Durch Bestellscheine wird nur um unregelmäßig anfallende Transporte nachgesucht (Bild 5). Serientransporte werden vom Elektrokarren fahrplanmäßig erledigt. Um auch hierbei eine gute Verständigung zwischen Meisterei und dem den betreffenden Fahrbezirk bedienenden Karrenführer zu erzielen, wurden an den Eingängen zu den Abteilungen an gut sichtbarer Stelle je ein roter und weißer Signalzeiger angebracht. Durch Stellen des roten Zeigers fordert die Abteilung einen Anhängewagen an. Ist der Wagen beladen, so wird er nach Einstellung des weißen Zeigers abgeholt. Dieses System hat sich als sehr brauchbar erwiesen und ermöglicht noch nebenbei dem den Transport kontrollierenden Beamten, einen Überblick über die Verteilung der Anhängewagen zu gewinnen.



An Transportkolonne Abt: 181 Werk II

Zu transportieren sind:							
Lfd. Nr.	Von Abt:	An Abt.	Einheit:	Gegenstand	am	bis Uhr	anbei: Bezugskarte Gelb. Sch. etc.
1.	23	41	6	Gehäuse . Dy 941	18/4	12 h	
2.							
3.				[illegible]			
4.							
5.				fertig			
6.							

Eingang: 8.36 h

Bestellt von Abt: Nr. 23 Unterschrift des Meisters: [illegible]

18.4.25.

Bild 5. Transport-Anforderungsschein.

Ein anschauliches Bild von der vielseitigen Verwendungsmöglichkeit von Elektrofahrzeugen geben die nachfolgend erläuterten Bilder.

Bild 6 zeigt einen beladenen normalen Siemens-Elektrokarren (seitwärts Kontrolluhr sichtbar) mit angekuppeltem Anhänger.

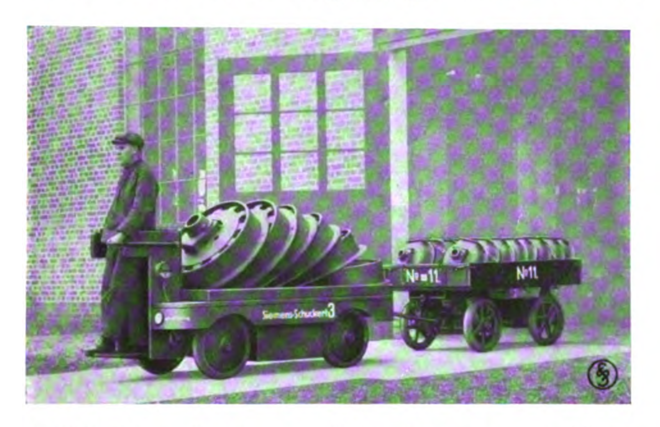


Bild 6. Normaler Siemens-Elektrokarren mit Anhänger.



Bild 7. Hilfeleistung eines Elektrokarrens am Aufzug.

Bild 7 veranschaulicht, auf welche Weise auch schwerbeladene Anhängewagen durch den Auf-

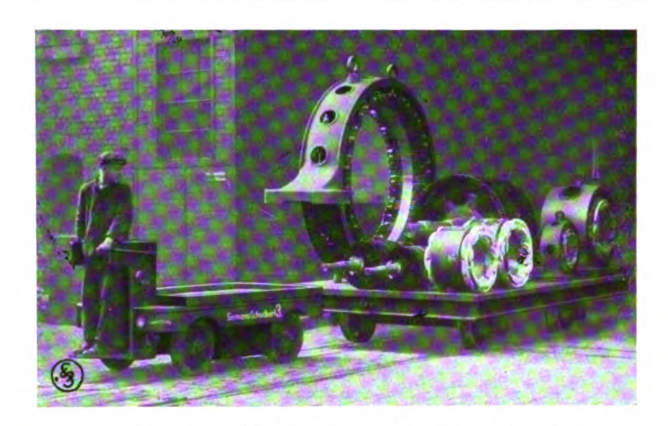


Bild 8. Der Elektrokarren als Rangierhelfer.

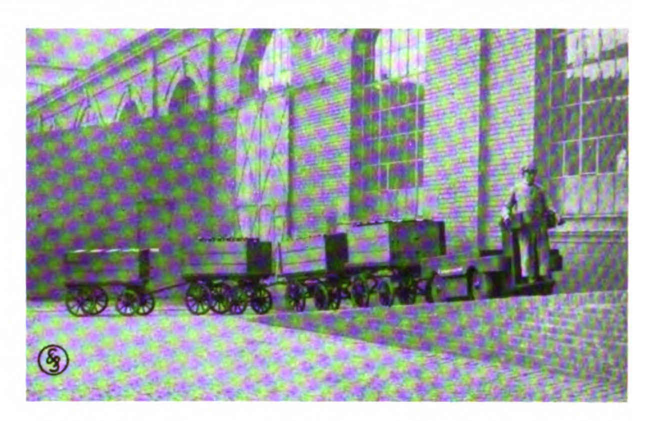


Bild 9. Handwagen als Anhänger für Elektrokarren.

zugführer mit Unterstützung des Elektrokarrens in den Aufzug gebracht werden.

Auf Bild 8 ist ein Elektrokarren beim Verschieben von Gleiswagen, wofür früher 6 bis 8 Mann erforderlich waren, abgebildet.

Bild 9 zeigt, wie ein Elektrokarren 4 zu Elektroanhängern umgebaute und mit Zählern beladene Handwagen über eine Rampe zur Packerei befördert. (Ein Elektrokarren schleppt in diesem Falle täglich bis zu 200 beladene und leere Wagen.)

Bild 10 gibt einen Elektrokarren mit aufgebautem schwenkbaren Hebezeug wieder und zeigt, wie damit die Plattform von Anhänger und Karren beladen werden kann.

Bild 11 zeigt den normalen SSW-Schlepper mit etwa 6 t Anhängelast auf 3 Anhängewagen mit Vierrad-Lenkung verteilt. Der Schlepper ist mit einer Stoßvorrichtung ausgestattet, um bei der Verteilung der Wagen behilflich sein zu können.

Auf Bild 13 ist die Unterstandshalle für den Elektrofahrpark mit angrenzender Ladestation für die Reservebatterien abgebildet. An der Wand sind die Verteilungsschalttafeln mit aufmontierten automatischen Ladeschaltern sichtbar, die das Aufladen der in den Wagen befindlichen Batterien während der Nachtzeit gestatten. Zu einem gewollten Zeitpunkt werden die einzelnen Batterien selbsttätig vom Netz abgeschaltet. Im Hintergrund befindet sich ein Reparaturstand mit Montagegrube und Hebezeug.

Die vielseitige Verwendungsmöglichkeit des Elektrokarrens gab die Anregung, den Abtransport der Drehspäne, die bisher aus örtlichen Gründen von Hand mit Spezialwagen besorgt wurden, wirtschaftlicher zu gestalten. Die an den Maschinen anfallenden Späne werden durch einachsige Sonderkarren gesammelt und durch Kippen in einen muldenförmigen Unterflurbehälter entleert (Bild 14). Alsdann werden



Bild 10. Elektrokrankarren beim Verladen.

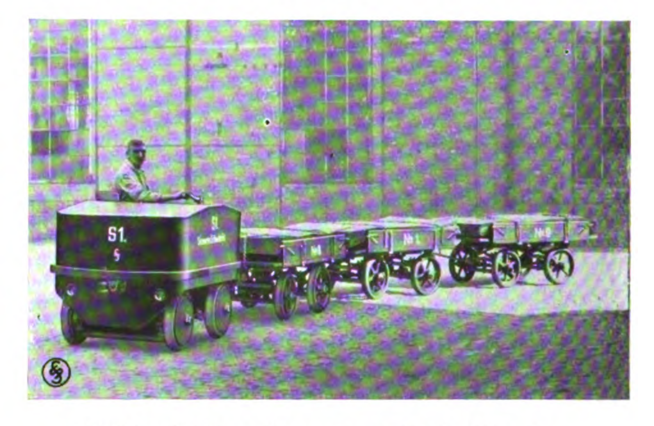


Bild 11. Elektroschlepper mit 6 t Anhängelast.

Bild 12 veranschaulicht, in welcher Weise vorhandene Gespannwagen dem Elektroschleppdienst nutzbar gemacht werden können.

die gefüllten Mulden durch ein Hebezeug auf einachsige Sonderanhängewagen gesetzt, worauf sie zu einer großen, zwei Waggonladungen



Bild 12. Elektroschlepper als Vorspann für Fuhrwerkswagen.



Bild 13. Unterstandshalle mit Ladeständen für die Elektrofahrzeuge.

fassenden Sammelgrube, die von einer Schiebebühne überbrückt ist, durch den Elektroschleppdienst befördert werden. Der Elektrokarren nebst Anhänger quert die mit Durchfallöffnung und Leitschienen ausgestattete Schiebebühne (Bild 15), worauf der Muldeninhalt des Anhängers durch Kippen in die Grube entleert wird. Aus der Grube werden die Drehspäne mittels eines Greiferkrans in den Waggon entleert. Das Beladen eines 15 t-Waggons dauert 25 Minuten.

Allgemeines.

Eine wichtige Voraussetzung für den Erfolg einer Transportorganisation bildet eine sorgfältig geführte Arbeiterstatistik. Was nutzt die Verminderung von Unkostenleuten an einer Stelle, wenn sie unter anderer Bezeichnung an anderer Stelle unbemerkt wieder auftauchen können?

Die Statistik muß so angelegt sein, daß für jede Abteilung getrennt die Anzahl der produktiven und unproduktiven Arbeiter, nach Beschäftigungsgrad oder Fachgruppe unterschieden, ersichtlich ist. Nach unserer Erfahrung genügt es, wenn die Statistik in Abständen von 2 bis 3 Wochen ergänzt wird. Wichtig ist dabei, daß in einigen Rubriken Vergleichszahlen aus den Vorjahren aufgeführt sind.

Mit Hilfe der Statistik kann der Transportingenieur in den meisten Fällen ohne weiteres beurteilen, ob Anträge auf Einstellung zusätzlicher Unkostenarbeiter, die er mitprüft, auf Grund des Belegschaftsstandes der Abteilung gerechtfertigt sind oder nicht. Oftmals kann durch stundenweise Aushilfe von Leuten der Transportkolonne die Neueinstellung von Unkostenleuten umgangen werden. Besonders wertvoll wird die Statistik bei abflauendem Geschäftsgang, da sich jederzeit die Möglichkeit zur Feststellung bietet, ob die Verminderung der Unkostenleute gleichen Schritt mit dem Abbau der übrigen Belegschaft gehalten hat.

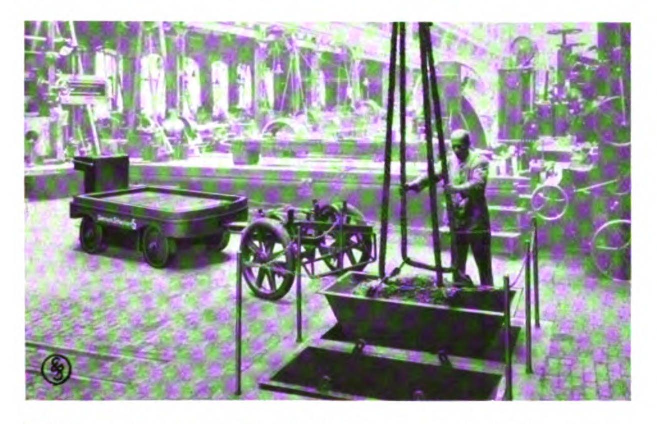


Bild 14. Abtransport von Drehspänen mittels Elektrokarren.

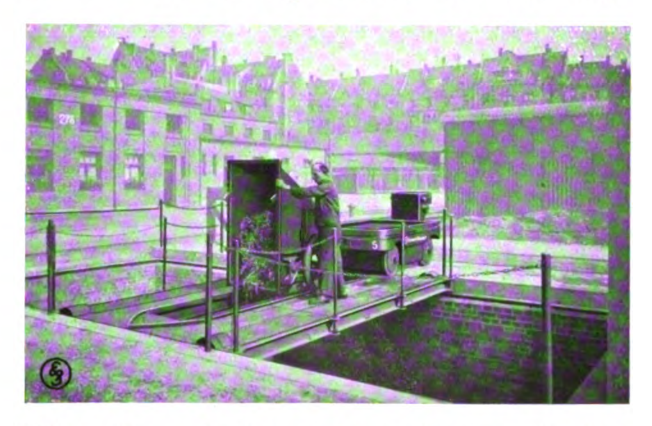


Bild 15. Kippen der Spänemulde in den Sammelbunker.

Der bleibende Erfolg einer Transportorganisation ist nur dann gesichert, wenn die Kontrollmaßnahmen so aufgebaut sind, daß Unregelmäßigkeiten sofort auffallen und vor allem, wenn alle beteiligten Stellen auf der ganzen Linie mitarbeiten. Im Gegensatz zu früherer Gepflogenheit, wonach die das Fördergut ab- und anfahrenden Transportarbeiter ihre Handwagen selbst auf- und abladen mußten, gilt beim Elektrotransport der Grundsatz, daß der Innentransportdienst die Wagen be- und entladet und der Karrenführer nur dann mit zulangt, wenn die Plattform seines Wagens be- oder entladen wird.

Die Wirkungsweise dieser Maßnahme war sehr zufriedenstellend, da sie geeignet ist, gegebenenfalls die Arbeitsintensität zu steigern.

Es ist nicht einfach, bei einem so weit verzweigten Transportgebiet die durch die Einführung des Elektrotransportdienstes erzielten Ersparnisse für sich in einer Zahl auszudrücken, da, wie bereits eingangs erwähnt, gleichzeitig auch an der Verbesserung des Innentransportwesens mit Erfolg gearbeitet wurde. — Es ist jedoch sehr wohl möglich, für einige der in unserem Werk bestehenden Fahrbezirke die Wirtschaftlichkeit des Elektrokarrenbetriebes gegenüber dem Betrieb mit Handkarren bzw. Fuhrwerken zahlenmäßig

Gegenüberstellung

Nr.	Transportverhältnisse			Anlagekosten		Betriebskosten				
	Art des Transportes		Aufwand an Mannschaft und Geräten	Einzeln	Zusammen	Verzinsung 10% des Anlagekapitals	Amortisat., Instandhaltung, Schmierung usw.	Stromkosten bei 10 Pf. je kWh	Lohn bei 300 Schichten zu 9 Stunden	Summe
1	Elektrizitätszähler	früher	7 Transport-Arbeit.	—	—	—	—	—	11 600	14 325
			25 Federhandwagen	290	7250	725	2000	—	—	
		jetzt	1 Fahrzeugführer	—	—	—	—	—	2 200	6 680
			1 Elektrowagen	3950	3950	395	1060	300	—	
			25 Federhandw. (Anh.)	290	7250	725	2000	—	—	
2	Bleche, Rohmaterial, Abfallmaterial, Halbfabrikate, Fertigfabrikate, Öl, Hilfsstoffe	früher	8 Transport-Arbeit.	—	—	—	—	—	13 300	22 508
			4 Handwagen	160	640	64	284	—	—	
			2 Kutscher	—	—	—	—	—	4 160	
			2 Pferde m. Gesch.	2500	5000	500	2280	—	—	
			6 Brückenwagen	1000	6000	600	1320	—	—	
		jetzt	1 Fahrzeugführer	—	—	—	—	—	2 200	6 629
			1 Elektroschlepper	5510	5510	551	1160	450	—	
			4 Elektroanhänger	160	640	64	284	—	—	
			6 Brückenwagen	1000	6000	600	1320	—	—	
3	Kupfer, Gußteile, Magnetpole, Blechpakete von u. zu d. Teillagern	früher	12 Transport-Arbeit.	—	—	—	—	—	20 000	20 522
			6 Handwagen	160	960	96	426	—	—	
		jetzt	1 Fahrzeugführer	—	—	—	—	—	2 200	4 955
			1 Elektrowagen	3950	3950	395	1060	300	—	
			4 Elektroanhänger	700	2800	280	720	—	—	
4	Bedienung einer im I. Geschoß befindlich. Montage-Abt. m. den erforderl. Materialien Abtransp. d. fert. Mot. nach den Prüffeldern	früher	5 Transport-Arbeit.	—	—	—	—	—	8 300	8 561
			3 Handwagen ⊕	160	480	48	213	—	—	
		jetzt	1 Fahrzeugführer	—	—	—	—	—	2 200	3 955
			1 Elektrowagen mit Kran ⊙	3950	3950	395	1060	300	—	

⊕ mit Hebeböcken, ⊙ mit Kran } Anlagekosten außer Ansatz gelassen, da gleich.

Bild 16. Nachweis der Rentabilität des Elektrofahrzeugtransportes gegenüber dem Hand- bzw. Fuhrwerkstransport.

nachzuweisen. Der Übersichtlichkeit halber wurde die Form einer Tafel gewählt (Bild 16).

Die in der Tafel aufgeführten Beispiele sind nicht zusammengesucht, sondern stellen Ausschnitte aus dem Förderprogramm bzw. aus dem Arbeitsgebiet einzelner Elektrofahrzeuge dar. Es ist mit Absicht als letztes Beispiel auch noch ein Fall angeführt, bei dem die Einsparungen nicht so groß sind wie bei den übrigen. Es handelt sich hier um einen Elektrokrankarren, der eine auf der Galerie einer Großmaschinenhalle untergebrachte Montageabteilung mit sämtlichen erforderlichen Materialien versorgt und diese Materialien, z. B. die bearbeiteten Gußteile, mit Hilfe seines Hebezeuges selbst aufladet (Bild 10). Die Verhältnisse müssen deswegen als nicht gerade günstig bezeichnet werden, weil der Wagen auf jeder Fahrt einen Aufzug passieren muß und im übrigen nur kurze Wegstrecken und große Be- und Entladezeiten in Frage kommen.

Die Einführung des Elektrozubringerdienstes brachte es in diesem Falle mit sich, daß die Materialanfuhr regelmäßig wurde und im übrigen die engen, früher meistens durch Handwagen verstellten Transportwege der Montageabteilung frei wurden, da nur ein Fahrzeug den gesamten Transport bewältigt.

Der wirtschaftliche Erfolg, der durch Verbesserung des Transportwesens erreicht wurde, zeigt sich am augenfälligsten darin, daß trotz steigender Gesamtbelegschaft die Kopfzahl der Transportkolonnen herabgemindert (Bild 17) und die Leute anderer Beschäftigung zugeführt werden konnten.

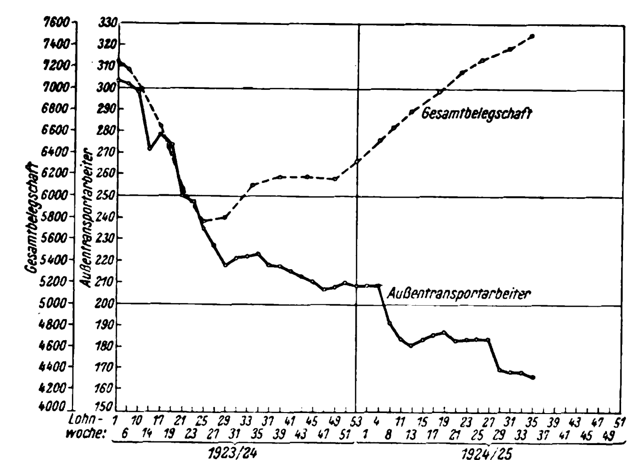


Bild 17. Gesamtbelegschaft und Anzahl der Außentransportarbeiter im N. W.

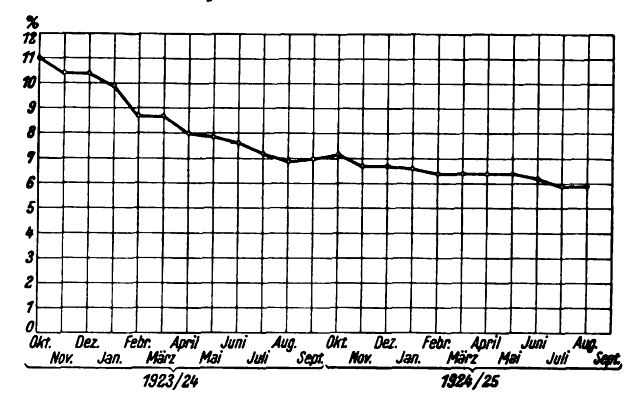


Bild 18. Verhältnis der Transportlöhne zu den Gesamtlöhnen im N. W.

Das bisherige Gesamtergebnis der Verbesserungsarbeiten auf dem Gebiete des Transportwesens drückt sich darin aus, daß es gelungen ist, innerhalb $1^1/_2$ Jahren die in Prozenten ausgedrückte Verhältniszahl der Gesamtlöhne zu den Transportlöhnen in diesem Zeitraum um 5 % zu vermindern (Bild 18).

KLEINE MITTEILUNGEN

Siemens & Halske auf der 2. Großen Deutschen Funkausstellung.

Mitgeteilt von der Literarischen Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Schon beim Eintritt wurde der Besucher der diesjährigen Funkausstellung von S. & H. A.-G. begrüßt: Drei große, auf der Empore der großen Halle des Funkhauses aufgestellte Großlautsprecher, sogenannte Blatthaller, gaben das Hallenkonzert wieder in einer Weise, die stets wieder die Bewunderung der Massen erregte. Der Stand selbst war mitten im Schiff der Halle, von drei Seiten zugänglich, aufgebaut (Bild 1). Er zeigte zunächst die Entwicklung des Siemens-Runkfunkgerätes. Neben der früheren vierteiligen Empfangsanlage, die aus Hochfrequenzverstärker, Audion und Zweiröhren-Niederfrequenzverstärker besteht, war ein modernes Vierröhrengerät mit gesteuerter und freier Rückkopplung und doppeltem Abstimmkreis vorhanden. Besonderes Interesse bei den Besuchern der Ausstellung fand ein strahlungsfreies und hochselektives Vierröhren-Neutrodynegerät, das normal für einen Wellenbereich von 230 bis 1800 m eingerichtet ist, aber durch Zusatzkondensatoren noch auf einen Wellenbereich von 180 bis zu 4000 m erweitert werden kann. Die innere Ausführung der Röhrengeräte war unter Glas sichtbar gemacht. In erster Linie wird bei allen Siemens-Röhrengeräten eine klangreine Wiedergabe angestrebt. So ist es beispielsweise in der Niederfrequenzverstärkung, in der oft die



Bild 1. Stand der S. & H. A.-G. auf der 2. Großen Deutschen Funkausstellung in Berlin.

Ursachen einer verzerrten Wiedergabe zu suchen sind, gelungen, die Resonanzgebiete der Transformatoren so zu legen, daß der Frequenzbereich von Sprache und Musik von 400 bis 400 Per. nahezu gleichmäßig verstärkt wird. Zwei Detektorempfänger für einen Wellenbereich von 220 bis 1200 und 230 bis 2000 m ergänzen die Zahl der Empfangsgeräte. Durch Zusatzspulen kann der Wellenbereich bis auf 200 m herabgesetzt werden. Der genau gearbeitete Kristalldetektor ist staubdicht gekapselt und kann in einfacher Weise nachgestellt werden. Zwei besondere Verstärkergeräte waren ausgestellt für das Siemens-Bandmikrophon und für den bekannten Siemens-Band-

Bild 2. Glasschaukasten neben dem Ausstellungsstand, die Siemensschen Rundfunkerzeugnisse enthaltend.

lautsprecher, der im letzten Jahre in den verschiedensten Teilen Deutschlands als Großlautsprecher Verwendung fand. An Wiedergabeapparaten wurden gezeigt die bekannten Siemens-Kopfhörer und -Lautsprecher. In einer Wandnische eingebaut war eine Pyramide aus Empfänger- und Verstärkerröhren. Neben den bekannten Anodenbatterien von 60 V Spannung bauen S. & H. neuerdings auch eine 100 V-Batterie, an der die Gittervorspannung von 1,5 zu 1,5 V veränderlich angegriffen werden kann. Das nach den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker notwendige Erden von Hochantennen ermöglicht durch einfaches Umlegen eines Schalthebels ein dauerhafter und wetterbeständiger Erdungsschalter, bei dem zwischen Antenne und Erde ein Luftleerblitzableiter eingebaut ist. Diese Sicherung schützt Apparat und Hörer, wenn in der Antenne Ladungen auftreten, deren Spannungen 300 V übersteigen. Besondere Erwähnung verdienen die Meßgeräte für Rundfunkliebhaber. Außer kleinen handlichen Strom- und Spannungsmessern war ein Meßgerät vorhanden, das als Zusatzkasten in einfacher Weise an die Siemens-Röhrengeräte angeschaltet werden kann. Je nach der Stellung eines Kippschalters zeigt das Gerät auf einer unteren Skala von 0 bis 6 V die Heizspannung oder auf einer oberen Skala von 0 bis 120 V die Anodenspannung an. Einzelteile und Rundfunkschnüre ergänzten die Auslagen. Neben dem Stand waren in einem besonderen Glaskasten (Bild 2) sämtliche Siemens-Rundfunkerzeugnisse dekorativ und übersichtlich zusammengestellt.

Fernansprache mit dem Siemens-Großlautsprecher.

Bei dem Festessen am 4. September im Hotel „Kaiserhof" in Berlin anläßlich der Eröffnung der 2. Großen Deutschen Funkausstellung wurde eine Ansprache des Oberbürgermeisters von Dortmund nach dem Festsaal in Berlin übertragen.

Der im Rundfunk-Aufnahmeraum in Dortmund sprechende Redner begrüßte die Berliner Festteilnehmer durch den Siemensschen Bandlautsprecher, der jedes Wort laut und deutlich im ganzen Saale verständlich werden ließ. Die Übertragung geschah nicht durch Rundfunk, sondern durch eine vom Telegraphentechnischen Reichsamt für diesen Zweck freigemachte Fernsprechfreileitung.

Kondensatoren zur Phasenverbesserung von Drehstromanlagen.

Eines der Mittel zur Kompensierung der Blindströme in Drehstromnetzen ist der statische Kondensator. Es ist bekannt, daß der Kondensator, wenn seine Belege an eine Wechselstromspannung angelegt werden, einen der Spannung um eine Viertelperiode voreilenden Strom aufnimmt, bzw. was dasselbe ist, 90° nacheilenden Strom liefert. Asynchrone Drehstrommotoren — die Hauptübeltäter in bezug auf Verschlechterung des Leistungsfaktors —



Bild 1. SSW-Kondensator.

können nun ihren Bedarf an nacheilendem Blindstrom aus Kondensatoren geeigneter Größe decken.

Wenn demnach ein Asynchronmotor mit einem Kondensator ausgerüstet wird, so liefert das Kraftwerk nur den zur Erzeugung mechanischer Leistung und Deckung der Verluste im Motor notwendigen Wirkstrom, während der zur Erzeugung der Magnetfelder erforderliche Blindstrom vom Kondensator kommt. Der Blindstrom pulsiert zwischen Motor und Kondensator und der dazwischen liegenden Verbindungsleitung.

Der Kondensator hat keinerlei bewegliche Teile und seine Verluste sind äußerst geringfügig. Bei stark überlasteten Netzen, auch der Sekundärnetze bis zum Motor, ist er das einfachste Mittel zur Verbesserung der Übertragungsverhältnisse. Der Kondensator wird an die Klemmen der Asynchronmotoren angeschlossen, es sind keinerlei Schalteinrichtungen und Meßinstrumente erforderlich. Wenn die Größe des Kondensators richtig gewählt ist, erübrigt es sich auch, Blindverbrauchzähler zu installieren. Kondensatoren sind insbesondere dann gut anwendbar, wenn vorhandene kleinere Motoren kompensiert werden sollen. Der Eigenverbrauch der Kondensatoren ist, wie bereits gesagt sehr klein, er beträgt nicht ganz 1% der kVA-Leistung.

Die Erkenntnis der Vorteile der Kondensatoren haben die SSW seit längerer Zeit veranlaßt, Versuche mit Kondensatoren für die Zwecke der Phasenverbesserung anzustellen.

Soweit die bisherigen Erfahrungen und Dauerversuche zeigen, ist der von den SSW hergestellte Kondensator betriebssicher und für die Verbesserung des Leistungsfaktors von Asynchronmotoren zu empfehlen. Jedes Kondensatorelement hat eine Kapazität von zwei Mikrofarad. Je neun derartige Elemente werden in einem Kasten zusammengebaut und in Dreieck geschaltet für Drehstromanschluß. Die Prüfspannung beträgt 2000 V. Der Kondensator kann ohne weiteres für Spannungen von 220 bzw. 380 V verwendet werden. Seine Blindleistung beträgt bei 380 V rd. 0,8 kVA. Bei einer anderen Spannung ändert sich die Leistung quadratisch mit der Spannung. So z. B. ist die Leistung bei 220 V rd. 0,28 kVA, bei 500 V rd. 1,4 kVA.

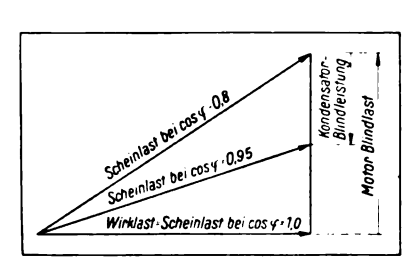


Bild 2. Leistungs-Diagramm.

Jeder Kasten ist mit drei Sicherungen versehen, so daß die Montage sehr vereinfacht ist (Bild 1 und 3).

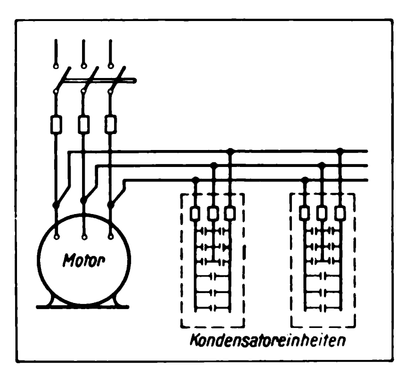


Bild 3. Schaltbild.

Bezüglich der Auswahl der Größe eines Kondensators sei hier nur kurz erwähnt, daß man für jedes Kilowatt Motorleistung etwa 0,4 bis 0,5 kVA Blindleistung braucht (Diagramm Bild 2). Bei größeren Motoren muß man eine entsprechende Anzahl Kondensatoreinheiten anschließen. Es kommt ja nicht auf eine genaue Kompensation an, es ist nur erforderlich, daß die Summe der einzelnen Kondensatorleistungen in dem betreffenden Netzteil den gesamten Blindstrom so weit deckt, daß der Leistungsfaktor des Netzes bei normaler Belastung nicht schlechter ist als etwa 0,9. Zur Berechnung der Blindleistung eines Kondensators aus seiner in Mikrofarad angegebenen Größe geht man folgendermaßen vor. Einer Kapazität von c Mikrofarad entspricht bei der Kreisfrequenz $\omega = 2\pi f$ eine Kondensanz von $K = \frac{1000}{\omega c}$ Kiloohm. Beispielsweise für 50 Per/s und $c = 1\,\mu F$ ist: $K = \frac{1000}{314 \cdot 1} = 3{,}18\ k\Omega$.

Die Blindleistung ist dann bei der Spannung E in kV:

$$N_c = \frac{E^2}{K}.$$

Die Blindleistung für einen Kondensator von $1\,\mu F$ Kapazität beträgt bei 380 V und 50 Per/s: $N_c = \frac{0{,}38^2}{3{,}18} \approx 0{,}045$ kVA.

In der Kondensatoreinheit der SSW sind insgesamt $18\,\mu F$ eingebaut, ihre Leistung beträgt demnach

$$N_c = 18 \cdot 0{,}045 \approx \underline{0{,}80\ \text{kVA}}.$$

Durch Schaffung derartiger kleiner Kondensatorbatterien ist den Elektrizitätswerken und Überlandzentralen die Möglichkeit gegeben, mit geringem Kostenaufwand durch Beschaffung einiger dieser kleinen Batterien in ihren eigenen Betrieben Erfahrungen mit diesem neuen Phasenkompensationsmittel zu sammeln.

Die Lichtsignalanlage im Sol- und Moorbad Lüneburg.

Nach Angaben des T. B. Hamburg mitgeteilt von der Literarischen Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Kürzlich führte die S. & H. A.-G. (T. B. Hamburg) im Sol- und Moorbad Lüneburg eine Lichtsignalanlage aus, die in mancher Hinsicht bemerkenswert ist. Es sollte im Flur, an dem die Badezellen liegen, eine Lichtsignaltafel angebracht werden, auf der eine Zahl aufleuchtet, wenn in

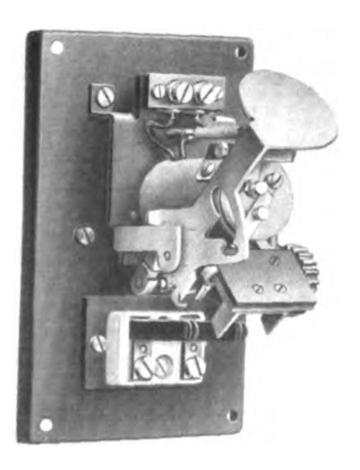


Bild 1. Fallklappenrelais, Schutzkappe abgenommen.

einer der Zellen Bedienung gewünscht wird. Verlangt wurde ferner, daß die Lichtsignale mit Netzstrom (220 V) arbeiten; eine Akkumulatorenbatterie sollte nicht benutzt werden, da die Anlage nur während der Kurzeit in Betrieb ist und — abgesehen von der nötigen Bedienung — die Aufbewahrung einer unbenutzten Batterie Schwierigkeiten verursacht. Als Hauptbedingung war vor allem gestellt, daß der Wärter das Lichtsignal nur von den einzelnen Zellen aus abstellen kann, so daß er unbedingt gezwungen ist, die Zelle zu betreten.

Die Aufgabe wurde mit Hilfe des Siemensschen Fallklappenrelais mit Starkstromkontakten auf folgende Weise gelöst: In jeder der 30 Zellen ist ein Kontakt vorgesehen, der sowohl vom Moor- wie vom Spülbad zu erreichen ist. Der Kontakt ist ein Zugkontakt; den Strom liefert eine Batterie Beutelelemente. Der Batteriestrom betätigt ein Relais, das an der inneren Zellenwand angebracht ist. Das Relais (Bild 1) besteht aus einem Topfmagneten von hoher Empfindlichkeit. Sein Anker löst beim Ansprechen eine Fallklappe aus, die außen sichtbar wird. Mit der Fallklappe ist eine Kontaktbrücke isoliert verbunden, die beim Auslösen des Relais in zwei Kontaktfedern einfällt und einen Starkstromkreis schließt. Der Starkstromkreis bleibt so lange geschlossen, bis die Fallklappe durch Drehen eines außen angebrachten Knopfes zurückgestellt wird. Wenn der Badegast also den Zugkontakt zieht, so leuchtet die zugehörige Signallampe im Flur auf; die 30 Lampen sind auf einer Tafel vereinigt, wie Bild 2 zeigt. Gleichzeitig mit dem Fallklappenrelais spricht ein zweites Relais in der Batterierückleitung an und betätigt die Glocke über der Signaltafel. Das Glockensignal tönt nur so lange, wie der Zugkontakt in der Zelle gezogen ist, während das Lichtsignal weiterleuchtet. Um es abzustellen, muß der Wärter die Zellen betreten und



Bild 2. Lampentafel der Lichtsignalanlage im Sol- und Moorbad Lüneburg.

den Knopf am Relais drehen. Dadurch ist erreicht, daß kein Signal übergangen werden kann. Am Fallen der Klappe erkennt gleichzeitig auch der Badegast, daß sein Signal richtig weitergeleitet worden ist. Der Stromverbrauch im Schwachstromkreis ist sehr gering. Im Winter werden die Beutelelemente ungefüllt aufbewahrt; sie können dann mehrere Kurzeiten hindurch benutzt werden. Irgendwelche Bedienung, wie das bei Akkumulatorenbatterien der Fall ist, erfordert die Anlage nicht, so daß sich diese Lichtsignalanlagen, die mit Batteriestrom, Fallklappenrelais und Starkstromlampen arbeiten, auch für kleinere Betriebe eignen, die keine geschulte Bedienungsperson zur Verfügung haben.

Berichtigung:

In dem Aufsatz Heft 9, Seite 353, ist in Formel 2, γ in den Zähler zu setzen. Auf Seite 364, Spalte 2, Zeile 23, ist statt Wettermenge „Wetterleistung" einzuführen.

FRAGEN UND ANTWORTEN

Anfragen aus dem Leserkreis werden hier, soweit möglich, beantwortet.

Frage 23. Wir beabsichtigen, in unserem Werke eine neue Hobelmaschine aufzustellen, die folgende Bedingungen zu erfüllen hat:

Die Arbeitsgeschwindigkeit soll schnell und einfach in feinen Stufen regelbar sein, möglichst während des Betriebes.

Um die Zeit für den Leerlauf recht kurz zu halten, ist hohe Rücklaufgeschwindigkeit erwünscht.

Das Umsteuern soll selbsttätig, rasch und stoßfrei erfolgen.

Da mit Stoßbeanspruchungen und zeitweisen Überlastungen zu rechnen ist, wird bei allen Arbeitsgeschwindigkeiten große Durchzugkraft verlangt.

Das Hinauslaufen des Tisches über die eingestellte Hubgrenze muß verhindert werden.

Bequemes Stillsetzen der Hobelmaschine ist erforderlich.

Um bestimmte Vorschläge für den Antrieb der Hobelmaschine machen zu können, bitte ich um Ihre Ansicht, ob diese Bedingungen mit Transmissionsbetrieb zu erfüllen sind oder ob Sie einen anderen Antrieb empfehlen und, für den letzteren Fall, welche Stromart zu wählen ist.

Antwort 23. Die von Ihnen geschilderten Arbeitsbedingungen der Hobelmaschine können durch Riemenantrieb überhaupt nicht erfüllt werden, das kann nur geschehen bei elektrischem Einzelantrieb. Letzterer hat gegenüber dem Riemenantrieb den Vorteil größerer Durchzugskraft und einfacherer, sowie feinstufigerer Geschwindigkeitseinstellung. Die Griffzeiten sind kürzer, die Leerlaufverluste geringer, und das Umsteuern erfolgt sicherer. Außerdem gestaltet sich das Getriebe wesentlich einfacher, und der Riemenverschleiß fällt fort. Alle diese Umstände ergeben eine erhöhte Wirtschaftlichkeit des Betriebes, wozu noch eine bessere Ausnutzung des Raumes und ein gefälligeres Aussehen kommen.

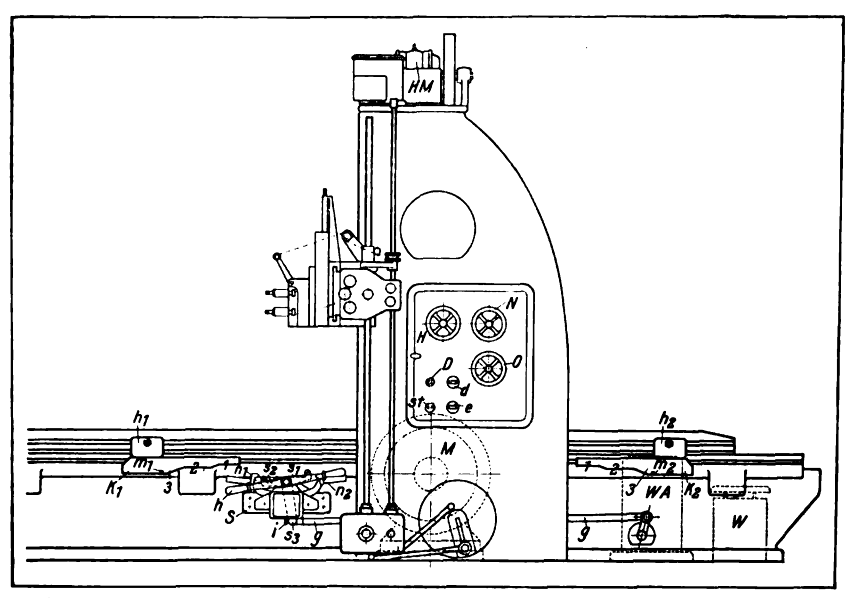


Bild 1. Umrißzeichnung einer Hobelmaschine mit elektrischem Antrieb durch Gleichstromwendemotor.

Was die Stromart anbetrifft, so scheidet Drehstrom aus, da Drehstrommotoren eine Drehzahlreglung unter den Bedingungen, wie sie an Werkzeugmaschinenantriebe gestellt werden, nicht zulassen. Drehstrom kommt hauptsächlich nur zur Verwendung, wenn keine Änderung der Schnittgeschwindigkeit verlangt wird, wie das z. B. für Blechkanten-Hobelmaschinen der Fall ist.

Für Ihren Fall kommt nur die Verwendung eines regelbaren Gleichstrom-Wendemotors in Frage. Die SSW haben derartige Sonderantriebe für alle Arten von Hobelmaschinen auf Grund jahrelanger Erfahrungen durchgebildet, und wir geben Ihnen nachfolgend eine kurze Beschreibung der Einrichtung (Bild 1).

Zum Antrieb wird ein Gleichstrom-Nebenschlußmotor M mit Wendepolen verwendet, dessen Anker für die bei dem häufigen und schnellen Umsteuern auftretende mechanische Beanspruchung besonders durchgebildet ist. Der Motor ist so bemessen, daß für die jeweilige Leistung das günstigste Schwungmoment erreicht wird, wodurch das rasche Umsteuern wesentlich begünstigt wird. Die Reglung der Drehzahl erfolgt verlustlos durch Feldschwächung. Je nach dem Anwendungsgebiet kann der Regelbereich in den Grenzen von 1 : 2 bis 1 : 4,5 gewählt werden.

Das Anlassen und Umsteuern des Motors erfolgt durch einen Wendeanlasser WA, der auf mechanischem Wege von dem hin- und hergehenden Tisch bzw. Stößel durch den Steuerapparat gesteuert wird.

Der Steuerapparat S besteht aus einem dreiarmigen Stiefelknecht, der sowohl von entsprechenden Kurvenstücken w, die am Hobeltisch befestigt sind, als auch von Hand durch entsprechenden Handhebel h bedient werden kann. Ein am Steuerapparat befindlicher kleiner Handhebel i, der auch vom Fuß betätigt werden kann, dient zum Ein- und Ausschalten. Die Verbindung zwischen Steuerapparat und Wendeanlasser stellt ein gewöhnliches Gasrohr her. Der Steuerapparat kann leicht an einer Seitenwand des Bettes der Hobelmaschine oder in ähnlicher Weise angebaut werden. In Fällen, wo der Steuerapparat aus baulichen Gründen sehr nahe an den Maschinenständer herangerückt werden muß und daher der eine Handgriff des Hebels h hinderlich wird, kann dieser entfernt werden. Es ist dann aber ein entsprechendes Gegengewicht zum Ausgleich vorzusehen, wie in Bild 2.

Von dem Handhebel h aus wird der Motor durch den Bedienungsmann angelassen. Nach dem Anlassen wird die Kurbel des Wendeanlassers selbsttätig durch zwei treppenförmig abgestufte Kurvenstücke K_1, K_2, die an der Längsseite des Hobeltisches in entsprechenden Haltern h_1, h_2 verstellbar angeordnet sind, bewegt. Die Kurvenstücke laufen abwechselnd auf entsprechende Hebelarme s_1, s_2 des Stiefelknechtes auf und bewirken durch die so hervorgerufene Drehung des Stiefelknechtes die Umsteuerung in

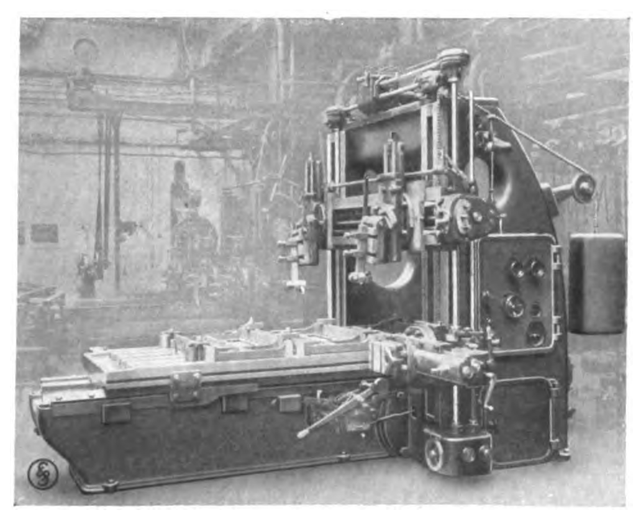


Bild 2. Hobelmaschine mit elektrischem Einzelantrieb.

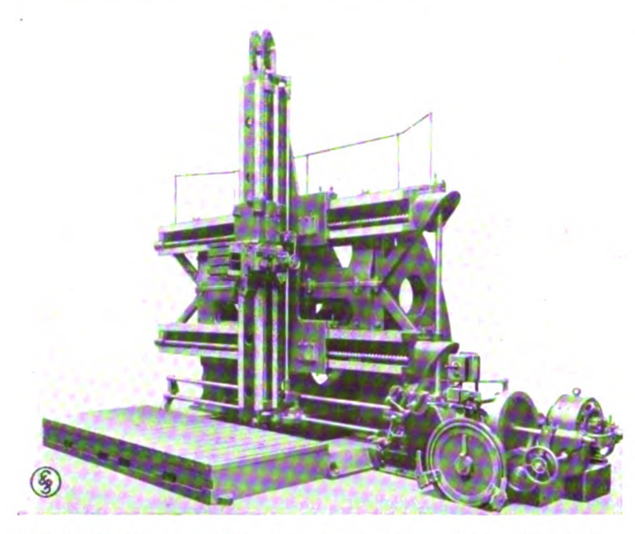


Bild 3. Vertikal- und Horizontalhobelmaschinemit Antrieb durch Gleichstromwendemotor.

den durch die Kurvenstücke jeweils eingestellten Hubgrenzen. Hinter den Hebelarmen, die das Umsteuern bewirken, sind noch zwei Notschalthebel n_1, n_2 angeordnet. Diese Notschalthebel betätigen die nachstehend beschriebene elektrische Bremsung, falls aus irgend einem Grunde der Tisch über die eingestellte Hubgrenze hinauslaufen sollte.

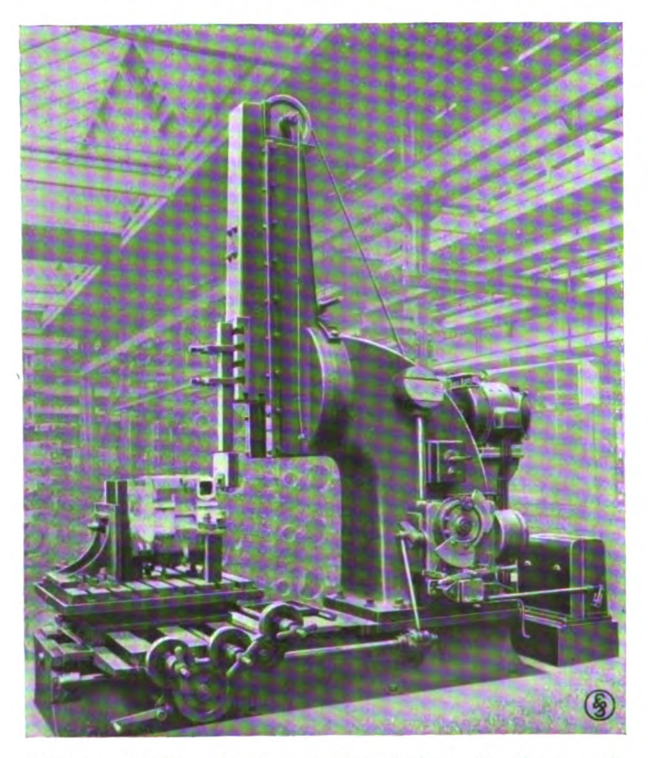


Bild 4. Stoßmaschine mit elektrischem Sonderantrieb.

Den wesentlichen Bestandteil der elektrischen Bremseinrichtung bildet das Haupt- und Bremsschütz, das für gewöhnlich im Innern des Hobelmaschinenständers untergebracht ist und durch den kleinen Hebel i am Steuerapparat eingelegt wird. Beim Abschalten des Schützes wird der Motoranker vom Netz getrennt und über die Bremskontakte und den entsprechend eingestellten Bremswiderstand kurzgeschlossen, wodurch der Motor fast augenblicklich zum Stillstand kommt.

Die Abschaltung des Bremsschutzes geschieht

1. selbsttätig bei „Notausschaltung" am Steuerapparat, wie bereits oben angegeben,
2. willkürlich von Hand durch Betätigung des Hebels i am Steuerapparat (Ausschaltestellung) oder durch Druckknopf D, der an beliebiger Stelle in Nähe der Hobelmaschine angebracht und von Hand oder durch Fußtritt betätigt werden kann,
3. beim Ausbleiben der Betriebsspannung.

Im letzteren Fall wirkt die Ankerkurzschlußbremsung infolge verminderter Erregung nicht unmittelbar, so daß ein kurzer Auslauf des Hobeltisches erfolgt.

Ein wesentlicher Vorteil der Ankerkurzschlußbremsung besteht vor allem darin, daß die Maschine durch Druckknöpfe in einfacher und bequemer Weise schnell zum Stillstand gebracht werden kann.

Die erforderlichen Anlaß- und Bremswiderstände W sind in einem Blechgehäuse untergebracht, das zweckmäßig, wie auch der Wendeanlasser, hinter dem Motor aufgestellt wird.

Der Nebenschlußregler ist mit zwei Handrädern ausgerüstet, mit denen sich die Vor- und Rücklaufgeschwindigkeit unabhängig voneinander einstellen läßt (Bild 2). Wenn es erwünscht ist, kann er auch so durchgebildet werden, daß der Rücklauf mit der höchstmöglichen Schnittgeschwindigkeit, bei kleinen Hüben aber mit der gleichen Geschwindigkeit wie beim Arbeitshub erfolgt (Bild 1 Handrad N, Schalter d). Da die Maschine bei längeren Arbeitspausen vom Netz getrennt werden muß, ist hierfür noch ein besonderer Hauptschalter H vorgesehen.

Hobelmaschinen, bei denen der Querbalken entsprechend den Arbeitsbedingungen häufig um größere Strecken verstellt werden muß, werden vorteilhaft mit einem auf dem Joch untergebrachten besonderen Hubmotor HM ausgerüstet. Dieser wird durch einen Drehschalter e als Hauptschalter und eine kleine Anlaßwalze o bedient, die für zwei bzw., wenn mechanische Umschaltung vorgesehen ist, für eine Drehrichtung eingerichtet ist.

Bild 1 und 2 zeigen eine bei zahlreichen Ausrüstungen erprobte, sehr zweckmäßige Anordnung der Apparate im rechten Hobelmaschinenständer, der als Hohlraum ausgebildet ist und durch eine Tür abgeschlossen wird; die Apparate sind auf der Innenseite der Tür befestigt.

Ganz ähnlich sind die Sonderantriebe der in Bild 3 abgebildeten Hobelmaschine. Es stellt eine Vertikal- und Horizontalhobelmaschine mit 5 m Hobellänge, etwa 4 m Hobelhöhe und einer Motorantriebsleistung von 22 kW bei einem Regelbereich von 1 : 2,4 dar. In diesem Falle ist es notwendig, die Steuerung von einer Steuerscheibe abzuleiten, die die einstellbaren Kurvenstücke trägt. Diese Steuerscheibe bewegt sich in Abhängigkeit vom Werkzeugschlitten.

In gleicher Weise ist die in Bild 4 dargestellte Stoßmaschine für 1,2 m Hub, Motorantriebsleistung 7,5 kW, Regelbereich 1 : 2 mit einer Steuerscheibe versehen.



EINGESANDTE BÜCHER

(Ausführliche Besprechung einzelner Bücher vorbehalten.)

Fünf-Sprachen-Wörterbuch der kaufmännischen Korrespondenz (Deutsch, Französisch, Englisch, Italienisch und Spanisch). Von Otto Kistner. 5. Auflage. Neubearbeitet und erweitert von Alfred Kistner. Verlag F. A. Brockhaus, Leipzig, 1925. 438 Seiten. Preis: geh. M 9,—, in Ganzleinen geb. M 10,—.

In dem Werk sind die im Briefwechsel und in Werbesachen vorkommenden Redewendungen so dargestellt, daß über ihre Anwendung kein Zweifel besteht und sie dem einzelnen Zweck leicht angepaßt werden können. Das Buch bietet für Kaufleute eine erwünschte Ergänzung zu jedem Wörterbuch.

Elektrizitätszähler. Zählerprüfung und Zählereicheinrichtungen. Von Josef Schmidt, Betriebsoberinspektor des Städtischen Elektrizitätswerkes Nürnberg. 2. vollständig neubearbeitete Auflage. I. Band. Verlag Dr. Max Jänecke, Leipzig, 1925. 576 Seiten, 370 Abb. Preis: geh. M 19,30, geb. M 21,60.

Aus dem Inhalt: Die konstruktive Entwicklung der Elektrizitätszähler. Die modernen Zählerkonstruktionen. Die modernen Spezialzählerkonstruktionen.

Aus dem Vorwort: Der Abschnitt über die Magnetmotor- und Quecksilbermotorzähler wurde wesentlich erweitert. Die Abschnitte über die heutigen Elektrolytzähler-Konstruktionen und die Elektrizitäts-Selbstverkäufer oder Münzzähler wurden neu aufgenommen. Den Hochstrom- und Hochspannungszählern nebst den hierbei in erster Linie in Frage kommenden Meßwandlern wurde ein besonderes Kapitel eingeräumt.

Der später erscheinende zweite Band wird den Werdegang des Elektrizitätszählers in der Fabrik behandeln und gibt Aufschluß über die Bewertung der einzelnen Zählerkonstruktionen, und behandelt schließlich die für die Prüfung herausgegebenen gesetzlichen Bestimmungen und die Einrichtungen zur Zählerprüfung und Zählereichung.

Handbuch des beratenden Ingenieurs. Leitfaden für die Berufstätigkeit. Von Ingenieur S. Herzog, Technischer Berater und Begutachter, Zürich. Verlag Ferdinand Enke, Stuttgart, 1925. 519 Seiten mit 23 Berechnungsbeispielen, 67 Fragebogen, 13 Gutachten, 8 technischen Berichten und 16 Wegleitungen. Preis: geh. M 20,—.

Aus dem Inhalt: Entwurf und Pläne. Technische, kalkulatorische, betriebstechnische, werbetechnische, vertriebstechnische, verwaltungstechnische Beratung bestehender Betriebe. Statistische Beratung. Erfindungsberatung. Finanztechnische Beratung. Vertragsberatung. Schätzungen. Gerichtliche Beratung.

Chemie und Technik der Gegenwart. Herausgegeben von Dr. Walter Roth in Cöthen. Band V. Aluminothermie. Von Dr. Karl Goldschmidt. Verlag S. Hirzel, Leipzig, 1925. 174 Seiten, 81 Abb, 1 farbige Tafel und 1 Bildnis. Von Prof. Dr. Hans Goldschmidt. Preis: geh. M 10,—, geb. M 12,—.

Aus dem Inhalt: Geschichte der Aluminiumherstellung. Aluminothermische Vorarbeiten. Metallurgie. Metallgewinnung. Reaktionen mit anderen Metallen als Aluminium. Schweißungen.

Der Kleine Brockhaus. Handbuch des Wissens in einem Bande. Lieferung A — bol. Verlag F. A. Brockhaus, Leipzig, 1925. 80 Seiten, 443 Abb., 4 geographische Tafeln, 1 bunte und 5 schwarze Tafeln. Preis der Lieferung M 1,90.

Der gesamte Band wird 40000 Stichwörter auf 800 dreispaltigen Textseiten mit 5400 Abb. im Text und auf 90 einfarbigen und bunten Tafeln und Karten neu, sowie 37 Übersichten und Zeittafeln enthalten.

Dieser „Kleine Brockhaus“ verspricht das zu werden, was auf dem Gebiet der französischen Enzyklopädie der „kleine Larousse“.

Die Hochfrequenztechnik in Einzeldarstellungen. Herausgegeben von Dr. Eugen Nesper. Bd. I: Dr. A. Koerts, Atmosphärische Störungen in der drahtlosen Nachrichtenübermittlung. Verlag: M. Krayn, Berlin, 1924. 152 Seiten, 24 Abb. Preis: geh. M 10,—.

Atmosphärische Störungen sind die gefürchteten Feinde aller Empfangsanlagen der drahtlosen Nachrichtenübermittlung. In der ersten Zeit des funktelegraphischen Betriebes durch Einführung hinreichend starker Sendeenergien und akustischer Hilfsmittel überwunden, tritt in neuester Zeit ihre Bedeutung im Weitverkehr stark hervor; denn die hochentwickelte Verstärkertechnik, die diesen Verkehr überhaupt erst ermöglicht hat, kommt der Verstärkung atmosphärischer Störungen ebenso wie der Verstärkung der Signale zugute. Angesichts dieser Sachlage ergibt sich die Notwendigkeit, das Verhältnis der Störungsintensität zur Signalintensität als Maß der Betriebssicherheit für alle Empfangsanlagen im voraus zu bestimmen. Hier greift das Buch von Koerts ein. Ausgehend von einer energetischen Definition der Störungsfreiheit wird ihre Quantität für eine große Zahl der verschiedensten Empfangssysteme ermittelt. In den rechnerisch notwendigen Definitionen und Voraussetzungen liegen die Mängel solcher Darstellung begründet: Definitionsgemäß scheiden die physiologischen Eigenschaften des Empfangsbeamten aus dem Maß der Störungsfreiheit aus, voraussetzungsgemäß muß eine willkürliche Form der Störungswelle (aperiodisch gedämpfte Welle) angenommen werden, deren Wirksamkeit nur in Systemen konstanter Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten untersucht werden kann. Während der erste Mangel prinzipieller Natur ist und wohl kaum exakt zu erfassen ist, ist der zweite einer gewissen Beschränkung in der Wahl der mathematischen Darstellung zuzuschreiben: Alle Systeme, welche auf nichtlineare Differentialgleichungen führen, müssen ausscheiden. Angesichts der neuesten Entwicklung (eisenhaltige Schwingungskreise!) in der Bekämpfung atmosphärischer Störungen scheint dem Berichterstatter hier eine Ergänzung dringend erwünscht.



Innerhalb des hierdurch abgegrenzten Gebietes ist die Rechnung bis zu einem hohen Grade der Vollkommenheit durchgeführt. Die spektrale Zerlegung einer Störungswelle mittels des Fourierschen Integraltheorems führt mit Hilfe der Residuensätze zu der wichtigen Erkenntnis, daß die Störungsintensität merklich unabhängig von der Form der Störungswelle ist; diese Erkenntnis gestattet es, die Frage der Entstehung atmosphärischer Störungswellen als für das Störungsproblem unwesentlich beiseite zu stellen und die gesamten Übertragungen rein rechnerisch durchzuführen. Als vornehmstes Mittel der Störbefreiung liefert die Theorie die Forderung weitgehendster Dämpfungsreduktion in den Empfangskreisen, dieser ist lediglich durch die Signalgeschwindigkeit eine untere Grenze gesetzt, so daß hierdurch das Problem der Störbefreiung mit den Aufgaben der Schnelltelegraphie verknüpft wird. Diesem Mittel gegenüber wirkt die Verwendung zahlreicher gekoppelter Empfangskreise nur schwach. — Dieser allgemeinen Methode der Störungsbekämpfung tritt bei gewissen örtlichen Verhältnissen der Richtempfang an die Seite, dessen wichtigste Formen in dem Koertsschen Buche eingehend erläutert und praktisch gedeutet werden. So wird auch der Praktiker aus den rein theoretischen Überlegungen des Verfassers Nutzen ziehen, das Eindringen atmosphärischer Störungen in seinen Konstruktionen verfolgen können und aus dieser Erkenntnis lernen, zweckmäßig zu formen.

Wir nennen zusammenfassend die wichtigsten Buchkapitel:

I. Allgemeine Theorie der Schwingungssysteme,
II. Allgemeine Betrachtung des Störungsproblems,
III. Die Störungsfreiheit von gekoppelten Gebilden,
IV. Der Richtungsempfang.

Druck und Ausstattung des Buches sind zweckentsprechend.

Elektrizität in industriellen Betrieben. Herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. e. h. W. Philippi. Band III „Elektrische Lichtbogenschweißung". Ein Hilfsbuch für die Anwendung der Lichtbogenschweißung in der gesamten Industrie. Von Karl Meller, Oberingenieur der Siemens-Schuckertwerke. Verlag S. Hirzel, Leipzig, 1925. 210 Seiten, 225 Abb. Preis: geh. M. 16,—, geb. M. 18,—.

„Die wirtschaftlichen Vorteile, die sich mit Hilfe der elektrischen Lichtbogenschweißung in fast allen Industrie-Betrieben erzielen lassen, zwingt immer weitere Kreise dazu, sich mit diesem Sondergebiet vertraut zu machen. Bei der Abfassung des Buches wurde eine Darstellung gewählt, die sowohl die wesentlichen theoretischen, als auch praktische Grundlagen der Lichtbogenschweißung kennen lernen läßt. Die wissenschaftliche Behandlung einzelner Probleme wurde hierbei nur soweit durchgeführt, als deren Verständnis auch bei geringeren Vorkenntnissen gesichert erschien."

Aus dem Inhalt: Schweißanlagen. Stahlschweißung. Gußeisenschweißung. Das Lichtbogenschweißen verschiedener Metalle. Schneiden mit dem Lichtbogen. Prüfen und Überwachen der Schweißungen. Ausbildung der Schweißer. Die praktische Anwendung der Lichtbogenschweißung.

Lehrbuch der Elektrotechnik. Von Prof. E. Stöckhardt, Dipl.-Ingenieur und Studienrat. Dritte, umgearbeitete Auflage. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1925. 339 Seiten, 337 Abb. Preis: geb. M 13,—.

„Dieses für eine weite technische Allgemeinheit berechnete Buch gibt auf verhältnismäßig geringem Raum eine einfache Darstellung des für die Praxis Wichtigsten aus der Elektrotechnik. Nach Erläuterung der allgemeinen theoretischen Grundlagen gibt der Verfasser eine zusammenfassende Übersicht über die Anwendungen der Elektrizität und behandelt dann die verschiedenen Formen der Erzeugung und Anwendung des elektrischen Stromes in folgenden Kapiteln: Leitungen und Zubehör. Beleuchtung. Magnetismus. Gleichstromerzeuger. Gleichstrombetreiber. Sammler. Wechselstrom. — Ein Schlußkapitel vermittelt eine Übersicht über die Atomlehre, die Quecksilberdampfgleichrichter und die drahtlose Telegraphie und Telephonie."

Elektrische Festigkeitslehre. Von Dr.-Ingenieur A. Schwaiger, o. Professor der Elektrotechnik an der Technischen Hochschule München. Vorstand des Hochspannungs-Laboratoriums. Zweite, vollständig umgearbeitete und erweiterte Auflage des „Lehrbuches der elektrischen Festigkeit der Isoliermaterialien". Verlag Julius Springer, Berlin, 1925. 474 Seiten, 448 Abb. und 9 Tafeln.

Aus dem Inhalt: Das elektrische Feld. Die Durchschlagfestigkeit der Isoliermaterialien. Berechnung einfacher Konstruktionsformeln. Spannungsverteilung auf influenzierten Elektroden. Der unvollkommene Durchschlag. Die Überschlagfestigkeit. Die Funkenstrecken. Die elektrischen Leitungen. Hochspannungswicklungen. Die Hochspannungs-Isolatoren. Einrichtung eines Hochspannungs-Versuchsraumes.

Kurzes Lehrbuch der Elektrotechnik für Werkmeister, Installations- und Beleuchtungstechniker. Von Prof. Dr. Wotruba. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, 1925. 198 Seiten, 219 Abb. Preis: geh. M 6,—, geb. M 7,20.

Aus dem Vorwort: Dieses kurze Lehrbuch der Elektrotechnik ist für Werkmeister, Installateure und Beleuchtungstechniker geschrieben. Es setzt die Kenntnis der Hauptregeln der niedrigen Mathematik voraus, wie sie in den Fortbildungs- und Abendschulen allenthalben gelehrt wird. Es will die Grundbegriffe in einfacher Weise vermitteln, in die Wirkungsweise der Stromerzeugung und Motoren für Gleich- und Wechselstrom einführen, ohne von einem nennenswerten mathematischen Apparat Gebrauch zu machen. Auf die Berechnung von Leitungen wurde besonderer Wert gelegt. Die Bedienung der Maschinen wird besprochen, ebenso die Betriebsstörungen und deren Behebung. Im Kapitel „Hausinstallation" wird das Installationsmaterial beschrieben und die nötigen Schaltungen und Verteilungen ebenfalls behandelt.

Die Siemens-Schuckertwerke haben ein reiches Bildstockmaterial zur Verfügung gestellt.

Aus dem Inhalt: Grundsätze der Mechanik. Gesetze des Gleichstromes. Die chemischen Wirkungen des Stromes. Akkumulatoren. Magnetismus. Spannungserzeugung. Gleichstrommaschinen. Wechselstromtheorie. Transformatoren. Drehstrommotoren. Wechselstromerzeugung. Umformer. Beleuchtung. Hausinstallation. Freileitungen.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg. Verlag: Siemens-Schuckertwerke, Literarisches Bureau.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.



SIEMENS-ZEITSCHRIFT

SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT

SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE

11. HEFT • BERLIN / NOVEMBER 1925 • JAHRGANG 5

Wirtschaftlichkeit der Lichtbogenschweißung von Flußeisen

Von Karl Meller.

In den letzten Jahren hat die Anwendung der Lichtbogenschweißung in Deutschland ganz erhebliche Fortschritte gemacht. Der Anwendungsbereich erstreckt sich nicht nur auf die Instandsetzung von Gußeisen (Reparaturschweißung), sondern in steigendem Maße auch auf das Schweißen von Flußeisen (Schiffbau, Behälterbau, Eisenkonstruktionen usw.). Das Eindringen der Lichtbogenschweißung in diese Arbeitsgebiete ist letzten Endes auf die erhöhte Wirtschaftlichkeit dieses Arbeitsverfahrens zurückzuführen. Leider sind bisher nur wenige Daten veröffentlicht, die auf Grund praktisch ermittelter Werte die Wirtschaftlichkeit der Lichtbogenschweißung erkennen lassen. Diese Tatsache ist wohl hauptsächlich dadurch zu erklären, daß die Werke, die über solche Erfahrungszahlen verfügen, diese mit Rücksicht auf den Wettbewerb nicht gern allgemein bekanntgeben. Es sollen daher nachstehend einige Anhaltpunkte gegeben werden, die eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit ermöglichen dürften.

Für das Flußeisen-Schweißen kommt gegenwärtig nur das Schweißen mit Metall-Elektroden in Betracht, welches Verfahren hier als bekannt vorausgesetzt wird[1]).

Auf die Wirtschaftlichkeit der Lichtbogenschweißung werden von Bedeutung sein:

1. Die Kosten für die zum Schweißen benötigte Energie.
2. Die Lohnkosten für den Schweißer (einschl. der Handlungsunkosten).
3. Die Kosten für die verschweißten Stäbe.
4. Die Kosten für Instandhaltung, Verzinsung und Amortisation.

Würde der Schmelzprozeß ohne jegliche Wärmeverluste stattfinden, so wären bei Annahme einer Schmelztemperatur von etwa 1400° für 1 kg Eisen etwa 263 WE = 0,307 kWh erforderlich. Es ist unmöglich, diesen Wert zu erreichen, da bei jedem Schmelzprozeß durch die Wärmeleitung ganz erhebliche Wärmemengen verloren gehen. Schon bei den kleineren elektrischen Schmelzöfen rechnet man mit einem Energiebedarf von etwa 1,3 kWh für 1 kg Schmelze[1]). Bei der elektrischen Lichtbogenschweißung ist wegen der viel größeren Abkühlungsverluste ein viel höherer Wert zu erwarten. Zu seiner Ermittlung kann am einfachsten in der Weise vorgegangen werden, daß die zum Niederschmelzen einer bestimmten Metallmenge von der Schweißanlage aufgenommene Energie gemessen wird. Zur Bestimmung der Schweißleistung ist gleichzeitig die für das Niederschmelzen erforderliche Zeit zu messen. In Tafel I sind die Werte einiger solcher Messungen wiedergegeben. Bei den Versuchen wurde mit verschiedenen Elektroden-Durchmessern (3, 4 und 5 mm) mit blanken Elektroden geschweißt. Das Gewicht der abgeschmolzenen Elektroden wurde aus dem Gewicht der verbrauchten Stäbe (abzüglich der übriggebliebenen Elektrodenreste), das Gewicht der niedergeschmolzenen Schweiße durch das Wiegen des Werkstückes vor und nach der Schweißung ermittelt. Der Unterschied zwischen dem Gewicht der abgeschmolzenen Elektroden und der niedergeschmolzenen Schweiße gibt die Verluste an, die durch Verdampfen und Verspritzen entstanden sind.

Die nächsten Spalten der Tafel I geben die Zeiten wieder, und zwar die reine Schweißzeit und den Leerlauf (= Schweißpausen, bedingt durch das Einsetzen der Elektroden). Im praktischen Betriebe werden zu den Leerlaufzeiten noch Pausen hinzukommen, die durch das Vorrichten, das

[1]) Näheres über diese Schweißmethode vgl. Meller „Elektrische Lichtbogen-Schweißung" (Verlag Hirzel).

[1]) Vgl. „Die Elektrometall-Öfen" von Ruß, S. 47 (Verlag Oldenbourg).

Tafel I.

Versuch Nr.	Elektroden-Durchmesser	Gewichte			Zeiten				Energiebedarf			
		abgeschmolzene Elektroden in kg	niedergeschmolzene Schweiße in kg	Verluste %	reine Schweißzeit in Min.	Leerlauf		für 1 kg niedergeschmolzene Schweiße in Min.	für die reine Schweißzeit in kWh	für den Leerlauf		für 1 kg niedergeschmolzene Schweiße in kWh
						in Min.	%			in kWh	%	
1	3 mm nackt	0,253	0,241	5,0	21,75	6	27,7	90	1,81	0,27	15	7,5
2	4 „ „	0,415	0,385	7,2	24,93	4,23	17,0	64,6	2,82	0,17	6	7,3
3	5 „ „	0,665	0,605	9,0	26,83	4,59	17,2	44,4	4,03	0,24	6	6,7

Nacharbeiten der Schweißung und für längere Ruhepausen des Arbeiters erforderlich werden. Aus dem Gewicht der niedergeschmolzenen Schweiße und der reinen Schweißzeit ergibt sich der Zeitverbrauch, der zum Einschweißen von 1 kg erforderlich ist.

Ein Vergleich der Werte zeigt, daß für die schwächeren Elektroden wesentlich mehr Zeit benötigt wird als für die stärkeren. Dies ist ohne weiteres verständlich, da bei den schwächeren Elektroden mit einer geringen Energie (entsprechend der geringeren Schweißstromstärke) geschweißt wird.

Die letzten Spalten geben den Energiebedarf wieder, und zwar getrennt nach reiner Schweißzeit und Leerlauf. Aus dem Wert für den Energiebedarf während der reinen Schweißzeit und aus dem Wert für die niedergeschmolzene Schweiße kann der Energiebedarf in kWh für 1 kg errechnet werden. Auch hier zeigt sich ein gewisser Mehrbedarf an Energie bei kleineren Durchmessern, der wohl auf die relativ größeren Wärmeverluste zurückzuführen ist. Natürlich gelten die aus den Versuchen ermittelten Werte mit einer Toleranz, da sie durch die Geschicklichkeit des Schweißers, durch die Länge des Lichtbogens, durch Witterungseinflüsse, durch den Wirkungsgrad der Schweißanlage u. ä. beeinflußt werden.

Dr.-Ing. Neese hat einige im praktischen Betriebe ermittelten Werte veröffentlicht[1]), die auf die Basis der Tafel I umgerechnet, folgendes Bild ergeben:

Tafel II.

Elektroden ∅ in mm	Niedergeschmolzene Menge in kg	Energiebedarf einschl. Pausen in kWh	Energiebedarf für 1 kg in kWh
4	0,83	7,25	8,75
5	0,97	7,3	7,73
6	1,26	10,8	8,57

Ein Vergleich dieser Werte mit denen der Tafel I zeigt bei 4 mm Durchmesser eine Steigerung um 20 %, bei 5 mm um 15 %, was dadurch begründet ist, daß in den Werten der Tafel II auch die Leerlaufverluste mit enthalten sind.

Meistens wird es in der Praxis erwünscht sein, bei der Nachprüfung der Wirtschaftlichkeit der Lichtbogenschweißung die Kosten je Meter geschweißte Naht bei verschiedenen Blechstärken zu wissen. Für die Ermittlung dieser Werte können die Ergebnisse der Messungen aus Tafel I verwertet werden. Allerdings ist es schwierig, einheitliche Unterlagen zu geben, da verschiedene Arten von Schweißungen in Frage kommen. In Bild 1 sind Beispiele normaler Formen für Stumpfschweißungen zweier Bleche wiedergegeben. Die Form a) kommt für kleinere Blechstärken bis zu 4 mm, Form b) für Blechstärken bis etwa 8 mm, Form c) für solche über 8 mm in Betracht. In allen Abbildungen ist der Querschnitt der ein-

[1]) Vgl. „Die Schmelzschweißung" 1924. S. 43.

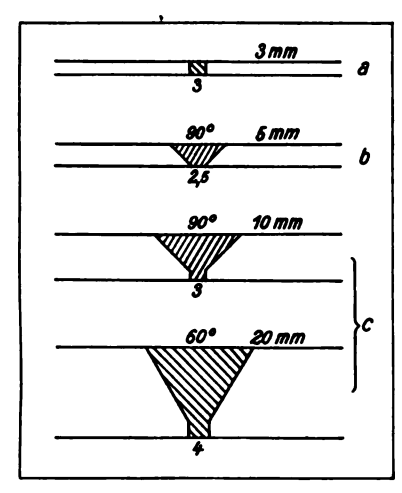


Bild 1. Beispiele normaler Blechschweißungen.

zuschweißenden Elektrodenmenge durch Schraffieren gekennzeichnet. Aus diesem Querschnitt und der Länge der Naht können die Mengen und die Kosten der Schweißung ermittelt werden. Um einen allgemeinen Anhaltpunkt für diese Werte bei verschiedenen Blechstärken zu erhalten, soll angenommen werden, daß innerhalb der Blechstärken von 5—12 mm einheitlich die Bleche unter einem Winkel von 90° abgeschrägt sind. Unter dieser Annahme lassen sich dann die Mengen des eingeschmolzenen Elektroden-Materials und unter Berücksichtigung der Werte der Tafel I weiterhin die Schweißzeiten und der Energiebedarf je Meter Naht für verschiedene Elektroden-Durchmesser und Blechstärken ermitteln. Bild 2 und 3 geben diese Werte kurvenmäßig wieder. Es zeigt sich hierbei, daß in bezug auf den kW-Verbrauch je Meter Naht bei den einzelnen Blechstärken die Werte auch bei Verwendung verschieden starker Elektroden nur wenig abweichen. Hingegen tritt eine viel größere Beeinflussung dann ein, wenn durch Verringerung der Abschrägung die Menge des einzuschmelzenden Materials gleichfalls verringert wird. So sind für einen Winkel von 60° und eine Blechstärke von 8—12 mm bei einem Elektroden-Durchmesser von 5 mm die Werte gleichfalls in Bild 2 wiedergegeben. Ein Vergleich dieser Werte mit denen bei einer Auskerbung von 90° zeigt eine außerordentliche Verringerung des Energiebedarfs bei dem kleineren Winkel. So beträgt z. B. bei 10 mm Blechstärke der Energiebedarf 5,2 kWh bei 90°, gegen 3,0 kWh bei 60°. Es ergibt sich also eine Energieersparnis in Höhe von rund 42,3 %.

Vielfach ist man sich in der Praxis über den Einfluß der richtigen Abschrägung der Bleche nicht ganz im klaren. Der Vergleich zeigt, wie wichtig es ist, besonders hierauf das Augenmerk zu richten.

In gleicher Weise ist die Berechnung der Zeit je Meter Naht in Abhängigkeit von der Blechstärke und dem Elektroden-Durchmesser bei einem Einheitswinkel von 90° durchgeführt und in Bild 3 graphisch wiedergegeben. Der spezifische Zeitverbrauch bei den einzelnen Elektroden-Durchmessern tritt hierbei auffällig in Erscheinung. Die Kurven in Bild 3 zeigen deutlich, daß zur Erreichung möglichst kurzer Zeiten das Schweißen mit möglichst großen Elektroden-Durchmessern anzustreben wäre.

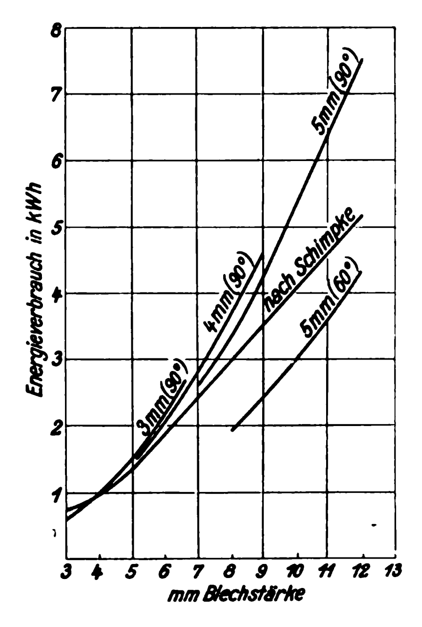


Bild 2. Energiebedarf bei Blechschweißungen für je m Naht in Abhängigkeit von der Blechstärke, Abschrägungswinkel und Elektroden-Durchmesser.

Hier tritt aber dadurch eine Begrenzung ein, daß ein richtiges Verschweißen an der untersten Stelle einer Stumpfschweißung nur mit Elektroden von kleinem Durchmesser möglich ist. Bei stärkeren Blechen ist es daher zweckmäßig, die erste Lage mit einer Elektrode von kleinerem Durchmesser zu schweißen und für die weiteren Lagen größere Durchmesser zu wählen. Es ist aus diesen Gründen schwierig, die Grenzwerte für die einzelnen Elektroden-Durchmesser in Abhängigkeit von den einzelnen Blechstärken anzugeben. In Bild 3 sind an den Grenzwerten die Kurven überdeckt gezeichnet, so daß für diese

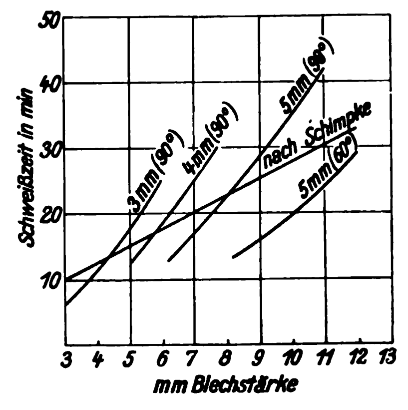


Bild 3. Schweißzeit für je m Naht in Abhängigkeit von der Blechstärke, Abschrägungswinkel u. Elektroden-Durchmesser.

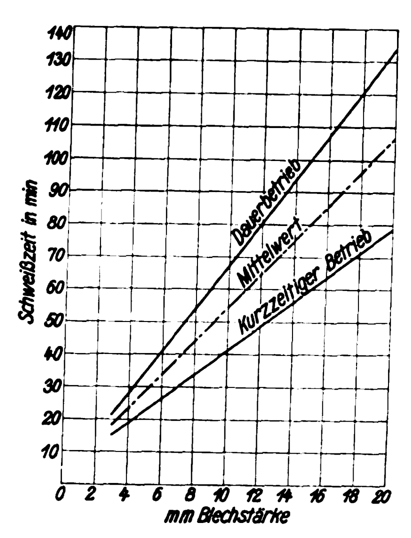


Bild 4. Schweißzeit je m Naht (elektrisch).

Bereiche die Mittelwerte rechnerisch ermittelt werden können.

In demselben Bild sind ferner die Zeiten bei einer Abschrägung von 60° und 5 mm Elektroden-Durchmesser eingetragen. Auch hier zeigt sich eine ganz wesentliche Zeitersparnis mit abnehmendem Volumen des eingeschweißten Elektroden-Materials unter sonst gleichen Verhältnissen, weshalb angestrebt werden muß, mit einem möglichst geringen Winkel auszukommen. Die Größe des Winkels ist jedoch gleichfalls durch die für das einwandfreie Verschweißen bedingte Zugänglichkeit gegeben.

Die genaue Nachrechnung der einzuschweißenden Menge und daraus der Wirtschaftlichkeit an Hand der genauen Querschnitte und Elektroden-Durchmesser wird nicht immer möglich sein. Meistens wird es auch genügen, die Kosten nur überschlägig zu ermitteln. Hierfür wären Angaben über Energiebedarf und Zeit in Abhängigkeit von der Blechstärke erforderlich, die den gebräuchlichen Abschrägungen und passenden Elektroden-Durchmessern entsprechen, die also praktische Mittelwerte der Kurven aus Bild 2 und 3 darstellen. Gute Mittelwerte sind von Prof. Schimpke auf Grund von gemeinsamen mit den SSW durchgeführten Versuchen aufgestellt worden[1]).

Die Mittelwerte aus diesen Versuchen sind in Bild 2 und 3 eingetragen. Sie beziehen sich ebenso wie die anderen Kurven auf die reine Schweißzeit bzw. auf die Energiemenge für die reine Schweißzeit. Als geringster Zuschlag für die Zeit würde der Betrag für das Auswechseln der Elektrode hinzukommen. Dieser Zuschlag schwankt nach Tafel I zwischen 17 bis 27 %. Hierzu kämen aber noch die sonstigen Ruhepausen, so daß selbst bei flottem Betrieb mit einem Zeitzuschlag von etwa 50 % zu rechnen wäre. Die sich daraus ergebenden Leistungen in Abhängigkeit von der Blechstärke werden durch die untere Linie in Bild 4 gekennzeichnet. Sie stellt die bei kürzerer Arbeitszeit erreichbare Höchstleistung dar. Bei längerer Arbeitszeit, also bei ununterbrochenem Schweißbetrieb, z. B. während einer achtstündigen Arbeitszeit, müssen die Zuschläge für die Ruhepausen erhöht werden. Man kann auf Grund praktischer Erfahrungen dann mit einem Gesamtzuschlag, bezogen auf die reine Schweißzeit von etwa 110 % (bei dünneren Blechen) und bis zu 155 % (bei stärkeren Blechen) rechnen. Die sich unter Zugrundelegung dieses Zuschlages ergebenden Zeiten sind durch die obere Begrenzungslinie in Bild 4 gekennzeichnet. Die zwischen den beiden Linien liegende Fläche würde demnach die Werte darstellen, innerhalb deren die Leistung je nach der Art der Arbeit bzw. dem Tempo der Arbeitsleistung schwanken kann. Es zeigt sich daraus, daß mit einer verhältnismäßig großen Toleranz gerechnet werden muß. Für eine Vorausberechnung empfiehlt es sich daher, mit den in Bild 4 eingetragenen Mittelwerten zu rechnen.

Entsprechend dem Zuschlag an Zeit für die Ruhepausen würden sich die auf die reine Schweißzeit bezogenen Werte für den Energiebedarf gleichfalls erhöhen. Der untersten Kurve aus Bild 4 entspricht ein Zuschlag an Ruhepausen von 50 % der obersten Kurve bei den dünnen Blechen von 110 % und bei den stärksten Blechen von 135 %. Macht man nun die ungünstigste Annahme, daß während dieser Ruhepausen der Umformer durchläuft, so müssen die entsprechenden Zuschläge für die Leerlaufverluste hinzugerechnet werden. Die Größe dieser Verluste wird von der Ausführung des Umformers abhängig, und da der Energiebedarf bei den verschieden starken Blechen verschieden ist, auch prozentual bei den schwächeren Blechen mehr ausmachen als bei den stärkeren Blechen. Es soll angenommen werden, daß die Leerlaufverluste bei den dünnsten Blechstärken etwa 30 %, bei den stärksten etwa 20 % betragen. Unter Berücksichtigung der Leerlaufzeiten von 50 bzw. 110 und 150 % sind dann entsprechend der obersten und untersten Zeitlinie die beiden Begrenzungslinien für den Energiebedarf errechnet (Bild 5). Im Gegensatz zu der Zeitkurve liegen

[1]) Vgl. „Maschinenbau" 1925 S. 102 ff.

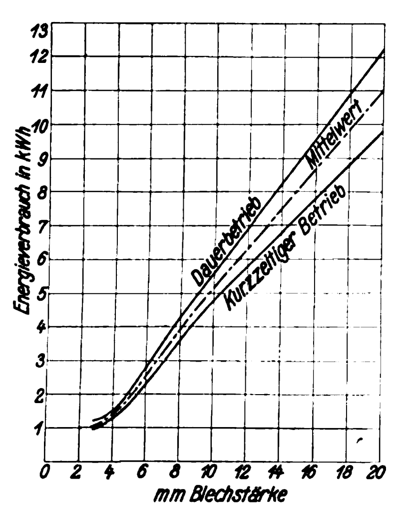


Bild 5. Leistungsverbrauch je m Naht einschließlich Ruhepausen.

diese Werte wesentlich näher zusammen. Auch hier kann für die überschlägige Berechnung mit dem Mittelwert gerechnet werden.

Was nun die Kosten für die Elektrodenstäbe anbelangt, so müßten diese bei genauer Berechnung aus dem Volumen der niedergeschmolzenen Schweiße plus den Zuschlägen für Verdampfung und Verspritzen plus den unverschmolzenen Resten an Elektrodenstäben (insgesamt 25 % Zuschlag), bezogen auf die niedergeschmolzene Elektrodenmenge, gerechnet werden. Praktisch brauchbare Durchschnittswerte der verbrauchten Elektroden können aus der unteren Kurve in Bild 5 und dem spezifischen Energiebedarf für die am meisten vorkommenden 4 mm Elektroden aus Tafel 1 ermittelt werden. Das Ergebnis dieser Rechnung ist in Bild 6 wiedergegeben. Die einzelnen Werte liegen annähernd auf einer Geraden. Zur Bestimmung der Kosten wäre es also nur erforderlich, die der jeweiligen Blechstärke entsprechende Menge in Kilogramm mit dem Preis der Elektroden zu multiplizieren. Dieser Preis ändert sich je nach der Marktlage und ist auch von dem Durchmesser und der Qualität abhängig. In Bild 7 sind für einige Fabrikate die augenblicklichen Marktpreise für blanke Stäbe eingetragen. Wird auch hier angenommen, daß am häufigsten mit 4 mm geschweißt wird, so würde sich ein mittlerer Kilopreis von 0,525 M ergeben.

Die Kosten für die Amortisation, Verzinsung und Instandhaltung sind naturgemäß auch von der jeweiligen Wirtschaftslage abhängig. Der Anschaffungspreis der Schweißmaschinen wird von der gewählten Ausführung und der Güte des Erzeugnisses abhängen; als Durchschnitt sei hier ein Preis von etwa 4000 M angenommen. Bei der Umlegung der Verzinsungs-, Amortisations- und Instandhaltungskosten auf eine Arbeitsstunde ist die tägliche Betriebszeit maßgebend. Die Erfahrung lehrt, daß bei Flußeisenschweißungen fast immer mit einem ununterbrochenen Betriebe, oft sogar in mehreren Schichten, gerechnet werden kann. Nimmt man jedoch nur einen achtstündigen Betrieb, also 300 Arbeitstage im Jahr an, so würden bei 4000 M Anlagekapital und 15 % für Verzinsung, Amortisation und Instandhaltung 0,25 M auf eine Betriebsstunde entfallen.

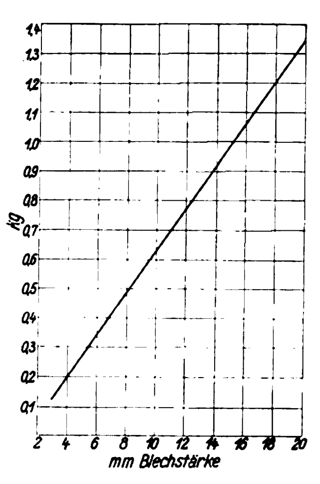


Bild 6. Gewicht der verbrauchten Elektroden in Abhängigkeit von der Blechstärke je m Naht.

Anhand der bisherigen Ausführungen sind nunmehr die überschlägigen Kosten für die Stumpfschweißung von Blechen leicht zu ermitteln. Für die Durchrechnung eines Beispiels sei angenommen, daß Bleche von 10 mm geschweißt werden sollen. Im Mittel würden sich dann ergeben je Meter Schweißnaht:

Gesamtenergiebedarf . .	5,1 kWh,
Zeit	54 Minuten,
Elektrodenbedarf . . .	0,62 kg.

Die Gesamtkosten betragen dann bei Annahme von 10 Pf/kWh, 1 M plus 200 % Unkostenzuschlag = 3 M Stundenlohn, 0,525 M für 1 kg Elektroden und 0,25 M für Amortisation, Verzinsung und Instandhaltung zu:

Energiebedarf	0,51 M
Lohn	2,70 „
Elektroden	0,32 „
Verzinsung und Instandhaltung	0,25 „
Gesamtkosten für 1 m Naht .	3,78 M

Auf diese Weise lassen sich die überschlägigen Kosten für jede Blechstärke ermitteln.

Die elektrische Lichtbogenschweißung steht bekanntlich mit der autogenen Gasschweißung im Wettbewerb. In verschiedenen Betrieben wird daher die Frage auftauchen, wie verhält sich die Wirtschaftlichkeit der Lichtbogenschweißung zu der Gasschweißung.

Obwohl die autogene Gasschweißung schon sehr lange angewandt wird, sind in bezug auf deren Wirtschaftlichkeit keine eindeutigen Unter-

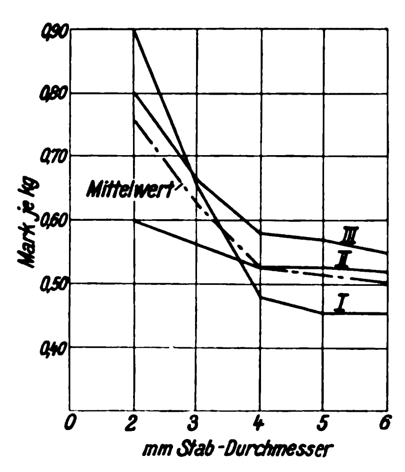


Bild 7. Schweißstab-Preise.

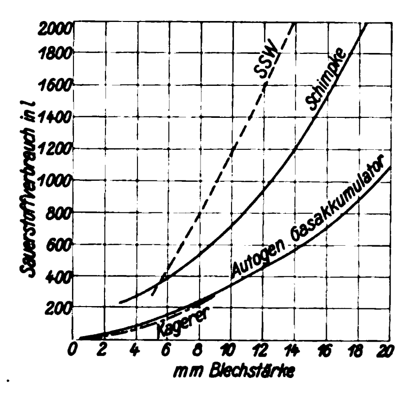


Bild 8. Sauerstoffverbrauch je m Naht.

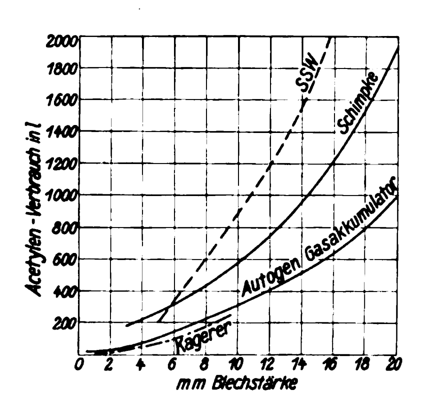


Bild 9. Azetylenverbrauch je m Naht.

lagen vorhanden. Dies ist wohl darauf zurückzuführen, daß die Messungen bei der Gasschweißung verhältnismäßig schwierig auszuführen sind. Außerdem ergeben sich genau wie bei der elektrischen Lichtbogenschweißung die weiteren Schwierigkeiten, daß die Abschrägungswinkel der Bleche, die Arbeitsleistung des Schweißers, die Auswahl des Brenners u. a. unter sonst gleichen Umständen ganz wesentlich voneinander abweichen können, so daß sich bei der Schweißung ein und desselben Gegenstandes ganz erhebliche Unterschiede ergeben können. In den Bildern 8 und 9 ist für die am meisten vorkommenden Sauerstoff-Azetylenschweißungen der Verbrauch für Sauerstoff und Azetylen, bezogen auf Blechstärken und Meter Naht, nach Schimpke, nach Kagerer, nach der Tafel der Gas-Akkumulatoren-Gesellschaft und nach eigenen Versuchen der SSW wiedergegeben. Für den Vergleich mit der Lichtbogenschweißung sollen die Mittelwerte nach Prof. Schimpke zugrunde gelegt werden. Die Angaben über die Leistung stimmen, wie aus Bild 10 ersichtlich, etwa überein. Analog den Grenzwerten für die Leistung bei der Lichtbogenschweißung sind unter Zugrundelegung der Werte nach Schimpke die Grenzwerte für die Gasschweißung ermittelt worden, und zwar entspricht die untere Begrenzungslinie (Bild 11) einem flotten kurzzeitigen Schweißen und die obere Begrenzungslinie dem Dauerbetrieb. Auch hier ist für die überschlägige Vorausberechnung ein Mittelwert angenommen. Der Vergleich dieses Mittelwertes mit dem für die elektrische Lichtbogenschweißung aus Bild 4 zeigt, daß annähernd für beide Arbeitsverfahren der gleiche Zeitaufwand je Meter Naht gebraucht wird. Allerdings wird sich in sehr vielen Fällen die Leistung bei der autogenen Schweißung dadurch verringern, daß ein größerer Zeitaufwand für das Ausrichten der geschweißten Teile erforderlich wird. Es ist im Wesen der Gasschweißung gelegen, daß infolge der starken Erwärmung im Gegensatz zur Lichtbogenschweißung sehr leicht ein Verziehen, z. B. der Behälter, eintritt. Was die Kosten des Schweißdrahtes anbelangt, so wird

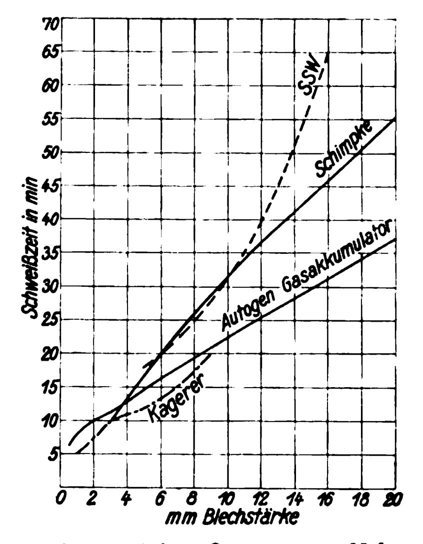


Bild 10. Schweißzeit je m Naht (autogen), nach verschiedenen Angaben.

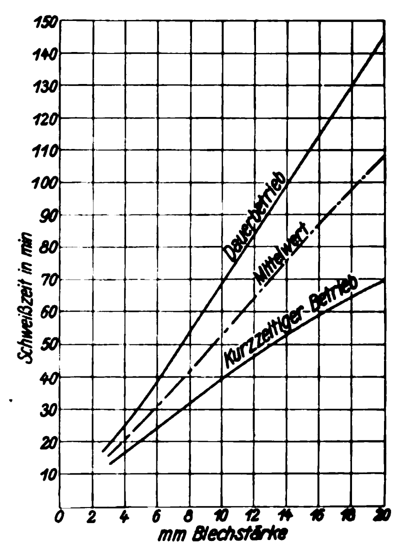


Bild 11. Schweißzeit je m Naht (autogen).

die verschweißte Elektrodenmenge ungefähr bei beiden Arbeitsverfahren gleich sein. Der Autogendraht ist für gewöhnlich etwas billiger, doch ist dies in bezug auf die Gesamtkosten nur von geringer Bedeutung. Überschlägig kann mit etwa 10 % Ermäßigung gerechnet werden.

Der Unterschied wird sich demnach hauptsächlich in den Kosten für die elektrische Energie bzw. für das Gas ausdrücken und von der jeweiligen Marktlage abhängen.

Aus Bild 12 ist der Vergleich dieser Kosten in Abhängigkeit von der Blechstärke unter folgenden Annahmen ersichtlich:

1 kWh = 0,10 M
1 m³ Sauerstoff = 0,80 „
1 m³ Azetylen = 4 kg Karbid
= 4 × 0,30 = 1,20 „

Die so errechneten Werte zeigen, daß die Gaskosten der Gasschweißung wesentlich höher liegen als die Energiekosten der Lichtbogenschweißung, und zwar wird der Unterschied mit zunehmender Blechstärke gleichfalls größer. Auf die gesamten Kosten bezogen werden diese Mehrkosten für das Gas prozentual allerdings weniger zum Ausdruck kommen.

Als Beispiel soll wieder die Schweißung von 10 mm-Blech gewählt werden. Nimmt man hierbei an:

1 m³ Sauerstoff = 0,80 M
1 m³ Azetylen = 4 kg Karbid
= 4 × 0,30 = 1,20 „
1 Lohnstunde 1,00 M plus
200 % Aufschlag = 3,00 „
Amortisation, Verzinsung und
Instandhaltung = 0,125 „

entsprechend den halben Kosten für die elektrische Anlage, dann ergibt sich:

Sauerstoff 730 l = 0,58 M
Karbid 570 l = 0,68 „
Lohn $\frac{52,5 \cdot 3}{60}$ = 2,63 „
Elektroden 0,32 — 10 % = 0,28 „
Verzinsung u. a. = 0,12 „
4,29 M

Die Gasschweißung stellt sich demnach für das gewählte Beispiel um 13,5 % teurer. Hierzu kommen allerdings noch die vielen Vorteile der Lichtbogenschweißung (sauberer Betrieb, keine Explosionsgefahr, keine Schwierigkeit in der Beschaffung von Sauerstoff und Karbid). Im übrigen dürfte sich die Überlegenheit der Lichtbogenschweißung bei vielen vorkommenden Schweißarbeiten wesentlich stärker auswirken, besonders dann, wenn durch das bei der Gasschweißung unvermeidliche Verziehen nicht nur eine Herabsetzung der Schweißleistung, sondern auch ein besonderer Zeitaufwand für das Ausrichten benötigt wird.

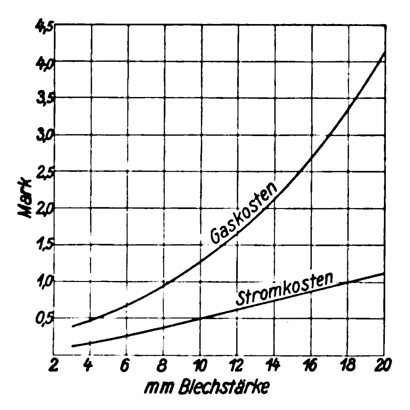


Bild 12. Vergleich der Gas- und Stromkosten.

Wieweit hierdurch die Leistung heruntergesetzt wird, zeigt das Ergebnis einer Vergleichsschweißung an dem in Bild 13 wiedergegebenen Ölbehälter, die im Schaltwerk der SSW ausgeführt wurde. Es handelte sich hier um Behälter von etwa 1,3 m Durchmesser und 2 m Höhe bei 8 mm Blechstärke. Die Zeiten, die zum Schweißen erforderlich waren, gehen aus nachstehender Aufstellung hervor:

	Zeiten in Minuten			
	Gasschweißung		Elektr. Schweißung	
Schweißen der Längsnaht 2 m	120		60	
Nachrichten		90		60
Heften von Mantel u. Boden	30		10	
Schweißen von Mantel und Boden (4 m)	185		120	
Nachrichten des Kessels		120		–
Schweißarbeit 6 m	335		190	
Nachrichtarbeit		210		60
Gesamtzeit	545		250	

Vergleicht man diese Werte mit denen der Bilder 4 und 11, so ergibt sich, daß das eigentliche Schweißen des Kessels (6 m Naht) bei der Gasschweißung etwa dem höchsten Zeitwert in Bild 11, dagegen bei der elektrischen Schweißung etwa dem untersten Zeitwert Bild 4 entspricht. Dieser erheblichere Zeitaufwand für das Gasschweißen erklärt sich vor allem dadurch, daß bei dem Schweißen des Mantels von

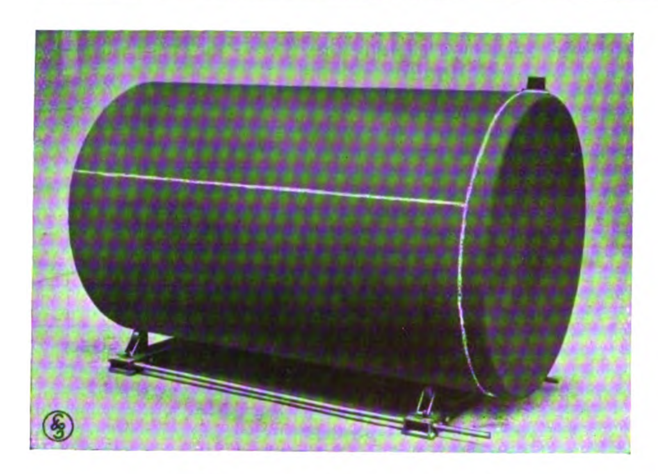


Bild 13. Geschweißter Kessel.

2 m Länge sich das Verziehen sehr stark bemerkbar macht, so daß der Schweißer immer wieder gezwungen wurde, besondere Hilfsmittel anzuwenden, um die richtige gegenseitige Lage der Blechkanten zu erreichen. Dies drückt sich auch darin aus, daß z. B. für das Schweißen der Rundnaht je Meter wesentlich kürzere Zeit benötigt worden ist als bei der Längsnaht. Besonders auffallend ist die für das Nachrichten des Kessels aufgewendete Zeit. Beim Gasschweißen hatte sich der Boden stark ausgebeult. Anscheinend liegen die Verhältnisse für die autogene Gasschweißung solcher Behälter besonders ungünstig. Legt man für den Preisvergleich die in dem Vorhergegangenen gemachten Annahmen zugrunde, so ergibt sich die nachstehende Gegenüberstellung:

Kosten der Gasschweißung		
Sauerstoff	$530 \times 6 \times 0{,}8$	= 2,54 M
Azetylen	$430 \times 6 \times 1{,}2$	= 3,10 „
Lohn	$\frac{545 \times 3}{60}$	= 27,25 „
Elektroden	$0{,}49 \times 6 \times 0{,}47$	= 1,39 „
Verzinsung	$\frac{545 \times 0{,}12}{60}$	= 1,09 „
		35,37 M
Kosten der elektrischen Schweißung		
Strom	$3{,}9 \times 6 \times 0{,}1$	= 2,34 M
Lohn	$\frac{250 \times 3}{60}$	= 12,50 „
Elektroden	$0{,}49 \times 6 \times 0{,}525$	= 1,54 „
Verzinsung	$\frac{250 \times 0{,}25}{60}$	= 1,04 „
		17,42 M

Im vorliegenden Falle ergibt sich demnach eine 50,6 % ige Verbilligung in der Herstellung des Kessels bei elektrischer Lichtbogenschweißung. Der Prozentsatz wird sich naturgemäß ändern nach dem jeweiligen Preis für die Kilowattstunde, für den Lohn, für Sauerstoff und Karbid.

Massenfertigung und Schulungswesen

Nach einem Vortrag von Dr. Franke, Direktor der Siemens & Halske A.-G.

Mitgeteilt von der Literarischen Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Die deutsche feinmechanische Industrie sieht sich z. Zt. vor eine ähnliche Aufgabe gestellt, wie es ganz allgemein die deutsche Industrie in den verflossenen Jahrzehnten war. Infolge der allen menschlichen Einrichtungen anhaftenden Massenträgheit konnte die Umgestaltung des technischen Schulwesens mit der außerordentlichen Entwicklung der Technik nicht annähernd Schritt halten. Es bedurfte einer Zeitspanne von Jahrzehnten, um die Kluft zu verkleinern, obwohl man sich in technischen Kreisen darüber einig war, wie wichtig es sei, dieses Ziel zu erreichen. Es würde zu weit führen, die Namen aller der bekannten Männer zu nennen, die sich für dieses Ziel einsetzten, gar manche unter Hintansetzung ihrer persönlichen Neigungen und Interessen. So betonte z. B. Prof. v. Bach, als seine Ernennung zum Ehrenmitglied des Vereins Deutscher Ingenieure gefeiert wurde, daß er sich in den 70er Jahren des vorigen Jahrhunderts nur schweren Herzens entschlossen habe, seine Tätigkeit in der Industrie gegen den ihm angebotenen Stuttgarter Lehrstuhl zu vertauschen; allein letzten Endes sei für ihn die Erwägung maßgebend gewesen, daß die technischen Hochschulen ihrer Aufgabe nicht in dem Maße gerecht geworden wären, wie dies seitens der Industrie hätte verlangt werden müssen. Noch am Ende des 19. Jahrhunderts hielt ein andrer Hochschullehrer (Prof. Mohr in Dresden) es für nötig, die ideelle und praktische Bedeutung der technischen Schulung durch einen Hinweis auf den ehemaligen Glanz der „Ecole polytechnique“ zu

betonen. Er meinte, daß die Franzosen vor 100 Jahren die „Ecole polytechnique" nur mit den Worten „eine Anstalt ohnegleichen", „die erste Schule der Welt", „die Einrichtung, um die uns Europa beneidet" genannt hätten, während Napoleon sie nüchterner als die „Henne, die uns die goldenen Eier legt", bezeichnet habe. Der große Organisator und erfolggekrönte Realist hatte damit die Seite berührt, die in Deutschland angesichts unserer verbesserungsbedürftigen Wirtschaft und der uns auferlegten Reparationsleistungen z. Zt. gebieterisch Beachtung verlangt. Weniger als je sind wir jetzt in der Lage, hohe Lehrgelder für unzweckmäßige Ausbildung des Nachwuchses zu zahlen. Es kann nicht angehen, daß der Staat in einem der wichtigsten Zweige der deutschen Wirtschaft, der feinmechanischen Industrie, den Nachwuchs sich sozusagen selbst überläßt, daß die jungen Ingenieure und Techniker kostbarste Zeit und die wertvollsten Jahre ihrer Jugend opfern müssen, um sich mühselig das erforderliche Wissen zusammenzusuchen und herauszuexperimentieren, während es ihnen bei planmäßiger Ausbildung mit viel geringerem Kräfteaufwand und in viel kürzerer Zeit vermittelt werden könnte.

Auf der Jahresversammlung Deutscher Elektrotechniker in Danzig behandelte Direktor Dr. Franke von der Siemens & Halske A.-G. die Bedürfnisse der feinmechanischen Industrie mit großer Gründlichkeit, die Unzulänglichkeit unserer öffentlichen Einrichtungen, soweit sie der Heranbildung des technischen Nachwuchses dieser Industrie dienen, scharf beleuchtend. Insbesondere wies er an Hand beweiskräftiger Zahlen und sprechender Beispiele nach, daß für die planmäßige Schulung in den Fragen der Massenfertigung bedeutend mehr getan werden müsse, wenn es uns mit unseren Bestrebungen ernst sei, den Nutzeffekt der deutschen Wirtschaft zu steigern und den unverkennbaren Nacheilungswinkel gegenüber Amerika nicht noch größer werden zu lassen.

Angesichts der Tatsache, daß die deutsche Wirtschaft infolge der auf ihr ruhenden äußeren und inneren Lasten alles aufbieten muß, die Wirkungsgrade zu steigern, verdienen diese Ausführungen besondere Beachtung; betreffen sie doch ein Arbeitsgebiet, das nächst dem Maschinenbau so ziemlich das wichtigste der deutschen Industrie sein dürfte. Es ist im allgemeinen nicht genügend bekannt, welche Bedeutung die deutsche feinmechanische Industrie auch rein zahlenmäßig hat. In ihr werden 300 000 bis 350 000 Menschen beschäftigt gegenüber 600 000 bis 650 000 in der Maschinenindustrie.

Die Ausführungen von Direktor Franke gehen davon aus, daß wir infolge der veränderten Verhältnisse gezwungen sind, in erster Linie „Arbeitsleistung" und nicht „Material" auszuführen. Auf die Ausfuhr unserer „Qualitätsarbeit" kommt es an, während das Verarbeiten von Materialien, die wir vom Auslande einführen müssen, die Erzeugnisse unserer Industrie nur verteuert und die Wettbewerbfähigkeit vermindert. Aus diesem Grunde ist die Ausfuhr feinmechanischer Instrumente von großer Wichtigkeit. In dieser Industrie spielt der Wert des verarbeiteten Materials eine untergeordnete Rolle im Verhältnis zur aufgewendeten Arbeit. Die unbedeutenden Gewichte der Erzeugnisse haben zur Folge, daß die Frachtkosten gering sind, was die Ausfuhr weiter erleichtert. Für Deutschland handelt es sich darum, das Defizit der Handelsbilanz zu beseitigen; hieran mitzuwirken ist die genannte Industrie berufen.

Aus den angeführten Gründen haben die Ausfuhrverhältnisse Deutschlands sich auch tatsächlich außerordentlich verschoben. Die Ausfuhr der Erzeugnisse, bei denen der Anteil an Materialkosten verhältnismäßig groß und der an produktiven Löhnen gering ist, hat sich im Verhältnis zum Stande von 1913 um nicht weniger als 40 % vermindert, während die Ausfuhr von Erzeugnissen der Feinmechanik, in der die Materialkosten gegenüber den Löhnen eine untergeordnete Rolle spielen, in derselben Zeit um 14 % stieg.

Die feinmechanische Industrie beruht in der Hauptsache auf Serien- und Massenfertigung. Sie kann daher gefördert werden, wenn gründliche Kenntnisse in der fabrikationsmäßigen Fertigung Allgemeingut der Ingenieure und Techniker werden. Massenherstellung im Umfang und in der Art wie auf diesem Arbeitsgebiet sind in der Maschinenindustrie nicht möglich. Selbst jene wenigen Ausnahmefälle, die im Lande der unbegrenzten Möglichkeiten zu verzeichnen sind, z. B. die Automobilerzeu-

gung der Fordwerke; scheiden wegen der beschränkten Absatzmöglichkeit in Europa für Deutschland aus. Die Kenntnisse, die für erfolgreiches Arbeiten in der feinmechanischen Industrie nötig sind, weichen vollkommen von denen ab, die in der Maschinenindustrie verlangt werden. Fragen der Festigkeit und der wirtschaftlichen Materialausnutzung treten in den Hintergrund gegenüber Fragen der zweckmäßigsten, billigsten Herstellung, Fragen, die die technischen Hoch- und Mittelschulen nicht behandeln. Heute ist es so, daß junge Ingenieure, die in der feinmechanischen Industrie Beschäftigung finden, sich meistens nach einiger Zeit wieder von ihr wenden mit der Begründung, daß sie das auf der Hochschule erworbene Wissen nicht verwerten könnten, ein Beweis dafür, daß die Hochschulen ihnen nicht das für die feinmechanische Technik erforderliche Wissen vermitteln. Obwohl nun die Herstellung von Massenerzeugnissen ganz andere Kenntnisse voraussetzt, als im Maschinenbau nötig sind, besonders sehr genaue Bekanntschaft mit den Herstellungsmöglichkeiten, fehlt es doch noch völlig an Bildungsstätten für den Nachwuchs. Der Maschinenbau in Preußen verfügt allein über 24 höhere Maschinenbauschulen, Maschinenbau- und Hüttenschulen sowie 30 niedere Fachschulen, während es vor wenigen Jahren überhaupt noch keine Fachschule für feinmechanische Technik gab. Erst der vor drei Jahren gegründete Verein „Fachschule für feinmechanische Technik", in dem sich eine größere Anzahl beteiligter Firmen zusammenfand, schuf in Gemeinschaft mit der Stadt Berlin eine Lehrstätte für feinmechanische Technik, die unter dem Namen „Gaußschule" in Berlin eröffnet wurde. Sie besteht aus einer vom Verein selber betriebenen Tagesschule, die z. Zt. von 100 Schülern besucht wird, und einer städtischen Abendschule, die z. Zt. 900 Schüler besuchen. Die Lehrpläne sind so, daß tüchtige Mechaniker, die $3^1/_2$ Jahre lang die Abendschule besucht haben, die Reife für das dritte Semester der Tagesschule erreichen können. Dem Verein war es von Anbeginn an klar, daß die vorhandenen Grundlagen für eine erfolgreiche Tätigkeit auf dem jungen Lehrgebiet unzureichend sind. Es fehlt den Lehrern an Büchern und sonstigen Unterlagen für den Unterricht. Andererseits war es natürlich schwierig, Lehrkräfte zu finden, die aus eigener Erfahrung heraus den Lehrstoff, den man zu bringen beabsichtigte, beherrschen.

Daher wurden Ausschüsse gegründet, denen hervorragende Kräfte aus den verschiedenen Zweigen der Industrie mit Direktor O. Richter von der Siemens & Halske A.-G. als Obmann angehören, und denen es oblag, die fehlenden Unterlagen aus den Betrieben zu sammeln. Aber das bisher Geleistete ist nur ein Tropfen auf einen heißen Stein. Was die Massenfertigungsindustrie erstrebt und verlangen muß, ist, daß derjenige Teil der Ingenieure und Techniker, der ihr zufällt, von den technischen Lehranstalten die Ausbildung mitbringt, die für erfolgreiches Arbeiten unerläßlich ist.

Die Behörden sollten untersuchen, ob nicht die eine oder andere Maschinenbauschule in eine solche für die feinmechanische Massenfertigung umgewandelt werden oder ob nicht wenigstens bei Neueinrichtung von Fachschulen diese Industrie bevorzugt werden kann.

Auch die Hochschulen sollten ihre Lehrpläne entsprechend gestalten. Die Befürchtung, daß man der „Zersplitterung und Spezialisierung" Vorschub leiste, wird zerstreut, wenn man berücksichtigt, daß sich ein umfangreiches, wichtiges, bisher nicht gepflegtes Lehrgebiet ergeben wird.

Der synchronisierte Asynchronmotor als Blindstromerzeuger

Von Dr.-Ing. Michael Liwschitz, Dynamowerk, Siemensstadt.

a) Läuferschaltung zur Erzielung einer Querfelddämpfung.

Die Aufgabe, den Leistungsfaktor der Antriebsmotoren zu verbessern, die in den letzten Jahren an den Elektro-Maschinenbau gestellt worden ist, brachte unter anderen längst bekannten und in Vergessenheit geratenen Lösungen dieses Problems, wie dies z. B. der Osnos- und der Heyland-Motor sind, auch den synchronisierten Asynchronmotor an das Tageslicht. Der synchronisierte Asynchronmotor ist seit 1900 bekannt und wurde zuerst von Danielson (ETZ, 1901, Heft 52) angegeben. Während er bis vor kurzem nur in

einzelnen Exemplaren ausgeführt worden ist[1]), wird er heutzutage von den elektrotechnischen Fabriken fast aller europäischen Staaten gebaut, und zwar sowohl für kleine Leistungen als auch für größere Leistungen von mehreren 1000 kW.

Die übliche und zweckmäßige Schaltung des synchronisierten Asynchronmotors zeigt Bild 1. Während des Anlaufes ist der Nebenschlußregler des Erregers offen, der Widerstand des Erregerankers bildet einen Teil des Anlassers, und das Anlaufen geht genau wie bei der gewöhnlichen Asynchronmaschine vor sich. Nach dem Hochlaufen wird der Nebenschlußkreis des Erregers geschlossen, der Erreger drückt dem Läufer des Motors Gleichstrom auf und zwingt ihn in den Synchronismus; die Maschine läuft dann als Synchronmotor weiter.

Im Lauf mit konstanter Last verhält sich der synchronisierte Asynchronmotor genau wie der gewöhnliche Synchronmotor. Im Anlauf ebenso wie bei Lauf mit schwankender Belastung oder schwankender Netzspannung hat er gegenüber dem gewöhnlichen Synchronmotor gewisse Vorteile:

1. Die Anlaufverhältnisse des synchronisierten Asynchronmotors sind die gleichen oder beinahe die gleichen wie beim normalen Asynchronmotor, d. h. der synchronisierte Asynchronmotor ist befähigt, mit hohem Moment anzulaufen. Komplizierte Anlaßapparate (Anlaßtransformator und Stufenschalter) wie bei dem Synchronmotor sind nicht erforderlich.

2. Bei stark schwankender Belastung oder bei stark schwankender Netzspannung bleibt der synchronisierte Asynchronmotor nicht stehen wie der Synchronmotor, sondern er läuft, nachdem er aus dem Synchronismus gefallen ist, als Asynchronmotor weiter.

Bei kleineren Leistungen hat der synchronisierte Asynchronmotor gegenüber dem Synchronmotor noch den Vorteil, daß die verteilte Läuferwicklung eine höhere Ausnutzung des Materials erlaubt; bei gleicher Leistung wird infolgedessen der synchronisierte Asynchronmotor in seinen Abmessungen kleiner als der Synchronmotor.

[1]) Z. B. 1902 von M. M. Schneider & Cie. für 100 PS bei n = 750 Umdr/min., 1912 von Soc. alsac. de Constr. méch. für 850 PS bei n = 107 Umdr/min.

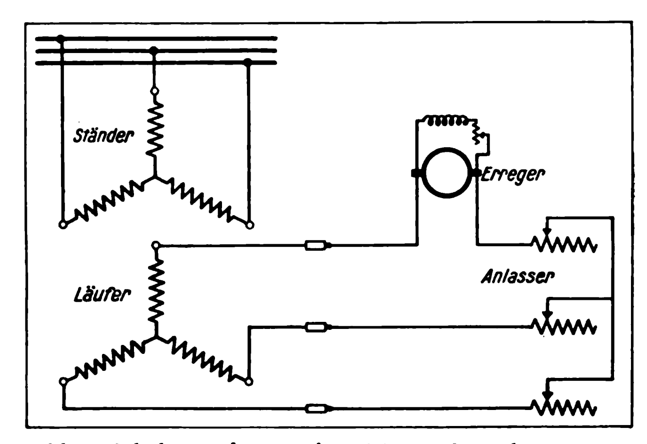


Bild 1. Schaltung des synchronisierten Asynchronmotors.

Dagegen hat der Synchronmotor gegenüber dem synchronisierten Asynchronmotor den Vorteil, daß die Erregerspannung bei ihm höher gewählt werden kann, so daß bei Vorhandensein eines passenden Gleichstromnetzes (von 110 oder 220 V) die Erregermaschine entbehrt werden kann. Die niedrige Erregerspannung, etwa 10 bis 15 V, ist beim synchronisierten Asynchronmotor durch die für den Anlasser zulässige maximale Spannung bedingt. Während des Anlaufes ist die Läuferwicklung des synchronisierten Asynchronmotors genau wie beim gewöhnlichen Asynchronmotor mit dem Anlasser verbunden. Damit aber am Anlasser keine unzulässig hohe Spannung auftritt, darf die Windungszahl und somit der Widerstand der Läuferwicklung ein gewisses Maß nicht überschreiten. Der synchronisierte Asynchronmotor bedarf infolgedessen stets einer Erregermaschine, und zwar einer solchen für niedrige Spannung und hohen Strom, d. h. mit verhältnismäßig großem Kommutator.

In bezug auf die Größe der Erregerspannung ist die Schaltung der Läuferwicklung nach Bild 1, wo eine Läuferphase mit den parallelgeschalteten beiden anderen Phasen hintereinandergeschaltet ist, nicht die günstigste. Verwendet man nicht alle drei, sondern nur zwei hintereinandergeschaltete Phasen für die Erregung, so hat man eine im Verhältnis $\frac{1,17}{1}$ höhere Erregerspannung und einen im Verhältnis $\frac{0,87}{1}$ kleineren Erregerstrom. (Durch komplizierte Umschaltungen, z. B. durch die Dreiecksternumschaltung, läßt sich die Erregerspannung noch weiter steigern.)

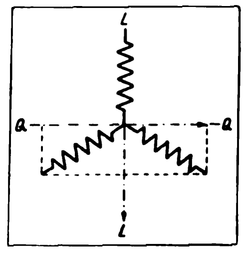
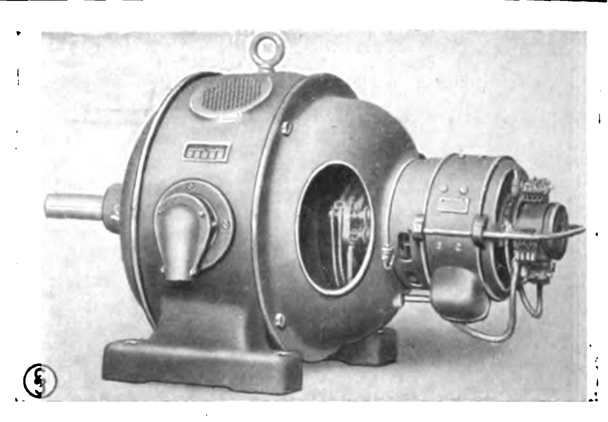


Bild 2. Die längs- und querwirkenden Windungen des Läufers.

Die Läuferschaltung nach Bild 1 hat aber den Vorteil, daß sie nicht nur Längsfeld-, sondern auch Querfelddämpfung besitzt, was bei Verwendung zweier Phasen als Erregerwicklung nicht der Fall ist. Dies geht aus Bild 2 hervor. In der Längsachse (Erregerachse) LL wirken die Windungen der Phase I und die Komponenten in dieser Achse der Windungen der Phase II und III. In der Querachse QQ wirken die Komponenten in dieser Achse der Phasen II und III. Eine besondere Dämpferwicklung zur Vermeidung von Pendelungen im Parallelbetrieb und zur Unterdrückung der höheren Harmonischen und der zusätzlichen Verluste im Einphasenbetrieb ist also hier im Gegensatz zu dem gewöhnlichen Synchronmotor nicht nötig.

Bei kleineren Leistungen bis zu etwa 300 kW wird die Erregermaschine fliegend angeordnet, wie Bild 3 zeigt. Bei größeren Leistungen erhält die Erregermaschine eigene Lager und wird mit dem Motor gekuppelt, oder bei niedriger Drehzahl des Motors als besonderes Erregeraggregat aufgestellt. Der in Bild 3 gezeigte Motor ist in Bild 4 zerlegt wiedergegeben.


Bild 3. Synchronisierter Asynchronmotor für 45 kW, $\cos\varphi = 0{,}9$ Voreilung, 500 V und $n = 750$ Umdr/min.

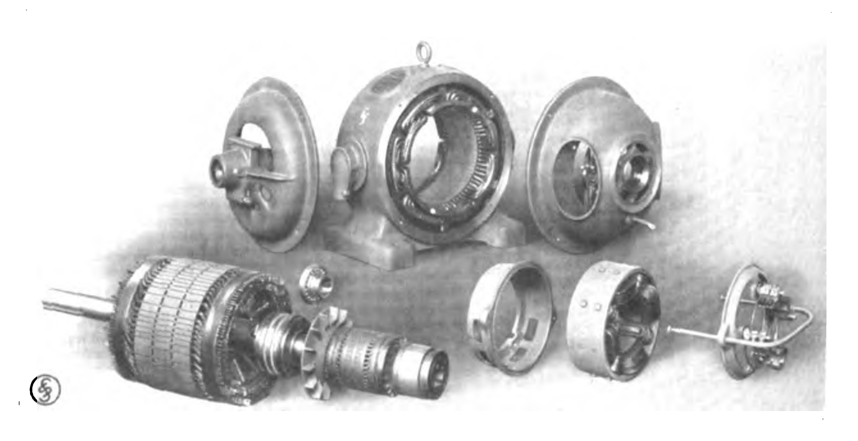
b) Die synchrone Überlastungsfähigkeit des synchronisierten Asynchronmotors.

Führt man den synchronisierten Asynchronmotor mit einem Luftspalt wie der des gewöhnlichen Asynchronmotors aus, so ist seine Überlastungsfähigkeit, d. h. das Verhältnis seines maximalen Momentes zum Nennmoment, im Lauf als Synchronmaschine bedeutend kleiner als beim gewöhnlichen Synchronmotor gleicher Leistung und Drehzahl (gleicher Leistungsfaktor vorausgesetzt). Setzt man die Veränderlichkeit der magnetischen Leitfähigkeit längs des Ankerumfanges gleich Null, was für den synchronisierten Asynchronmotor, der keine Pollücken hat, tatsächlich zutrifft, so kann man für die Überlastungsfähigkeit ü des Synchronmotors setzen:

$$ü = \frac{E}{x_t} \frac{1}{J_n \cos\varphi_n} = \frac{J_k}{J_n \cos\varphi_n} = \frac{k}{\cos\varphi_n}.$$

Hierin bedeuten:

J_n den Nennstrom des Motors,
$\cos\varphi_n$ den Nenn-Leistungsfaktor an den Motorklemmen,
x_t den totalen Blindwiderstand der Ständerwicklung (herrührend von Streufeld + Querfeld + Längsfeld),
E die vom Erregerstrom, der zu J_n und $\cos\varphi_n$ gehört, im Leerlauf induzierte EMK und
$k = \frac{J_k}{J_n}$ das Kurzschlußverhältnis.


Bild 4. Synchronisierter Asynchronmotor für 45 kW, $\cos\varphi = 0{,}9$ Voreilung, 500 V und $n = 750$ Umdr/min.

Der totale Blindwiderstand der Ständerwicklung x_t hängt in hohem Maße von der Größe des Luftspaltes der Maschine ab, und zwar ist

er um so größer, je kleiner der Luftspalt ist. Da bei der Asynchronmaschine der Luftspalt bedeutend kleiner ist als bei der gewöhnlichen Synchronmaschine gleicher Leistung und Drehzahl, so ist der Blindwiderstand der Ständerwicklung bei dem synchronisierten Asynchronmotor bedeutend größer und die Überlastungsfähigkeit infolgedessen bedeutend kleiner als beim gewöhnlichen Synchronmotor. Bild 5 zeigt die Kreisdiagramme eines gewöhnlichen Synchronmotors und eines synchronisierten Asynchronmotors für 100 kW, n = 1000 Umdr/min $\cos\varphi_n = 1$ und 380 V Netzspannung, wobei der Luftspalt des synchronisierten Asynchronmotors gleich dem des normalen Asynchronmotors gleicher Leistung und Drehzahl angenommen wurde.

Die Ordinaten der Kreispunkte, die die Wirkströme und somit die Wirkleistungen darstellen, geben bei der Synchronmaschine, da die Drehzahl konstant ist, ein Maß für die Größe des Drehmomentes. Wie aus Bild 5 ersichtlich, ist das Verhältnis des maximalen Momentes zum Nennmoment bei der gewöhnlichen Synchronmaschine gleich 1,9, während es bei dem synchronisierten Asynchronmotor nur 1,21 beträgt. Ein mit $\cos\varphi_n = 1$ arbeitender synchronisierter Asynchronmotor, der den gleichen Luftspalt hat wie der normale Asynchronmotor gleicher Leistung und Drehzahl, wird demnach bei jedem Belastungsstoß, der um 21 % größer ist als seine Nennleistung, aus dem Synchronismus fallen. Er wird aber nicht stehenbleiben wie der gewöhnliche Synchronmotor unter den gleichen Verhältnissen, sondern er wird, solange die Überlastung besteht, als Asynchronmotor weiterlaufen, allerdings unter gewissen Stromschwankungen und auch ohne Phasenkompensation, und wird dann sofort nach Rückgang der Überlastung wieder selbsttätig in den Synchronismus fallen.

Die Mittel, die man anwenden muß, um die Überlastungsfähigkeit des synchronisierten Asynchronmotors zu vergrößern, lassen sich der oben angegebenen Gleichung für die Überlastungsfähigkeit ü entnehmen. Bei einer gegebenen Wirkleistung des Motors ist die Größe $J_n \cos\varphi_n$, die den Wirkstrom des Motors darstellt, gegeben. Eine Vergrößerung der Überlastungsfähigkeit ü läßt sich also entweder durch eine Vergrößerung der induzierten EMK E oder durch eine Verkleinerung des Blindwiderstandes der Ständerwicklung x_t oder durch Änderung dieser beiden Größen gleichzeitig erreichen. Zu berücksichtigen ist, daß die induzierte EMK E von der Größe des Blindwiderstandes x_t nicht unabhängig ist, denn E ist, abgesehen vom Ohmschen Widerstand der Ständerwicklung, gleich der geometrischen Summe aus der Klemmenspannung der Maschine und dem Spannungsabfall Jx_t, jedoch entspricht einer bestimmten prozentualen Änderung des Blindwiderstandes x_t eine bedeutend kleinere prozentuale Änderung der induzierten EMK E.

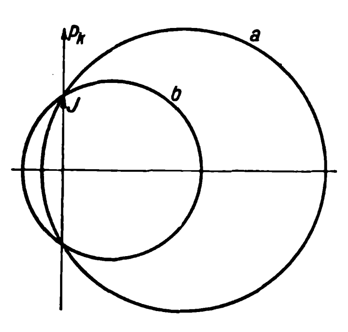


Bild 5. Leistung 100 kW bei n = 1000 Umdr/min und 380 V.
Kreisdiagramm bei $\cos\varphi = 1$
a = Gewöhnlicher Asynchronmotor
b = Synchronisierter Asynchronmotor.

Eine Vergrößerung der induzierten EMK E wird durch eine Vergrößerung des Erregerstromes, eine Verkleinerung des Blindwiderstandes x_t durch eine Vergrößerung des Luftspaltes erreicht. Zur Vergrößerung der synchronen Überlastungsfähigkeit des synchronisierten Asynchronmotors muß man also entweder die Maschine übererregen, d. h. die Maschine mit einem größeren Erregerstrom betreiben, als es der Phasengleichheit an den Motorklemmen entspricht, oder den Luftspalt der Maschine vergrößern. Das erste ist in bezug auf die Überlastungsfähigkeit das wirksamere und auch das zweckmäßigere, denn der übererregte Synchronmotor nimmt voreilenden Strom aus dem Netz auf, oder, was dasselbe ist, gibt nacheilenden Strom an das Netz ab, d. h. er ist imstande, für normale Asynchronmotoren, die keine Erregermaschinen haben, den Erregerstrom zu liefern. Der übererregte synchronisierte Asynchronmotor eignet sich also gut für Gruppenkompensation.

Je größer die Übererregung ist, d. h. je weiter der Leistungsfaktor voreilend ist, desto mehr Amperewindungen muß der Läufer des synchronisierten Asynchronmotors bei einer bestimmten Wirkleistung haben, desto größer müssen die Abmessungen der Maschine werden. Bei kleinen

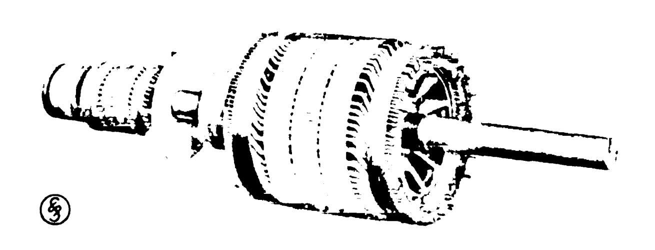


Bild 6. Synchronisierter Asynchronmotor für 45 kW, cos φ = 0,9 Voreilung, 500 V und n = 750 Umdr/min.

Leistungen bis zu etwa 300 kW lassen sich die Läufer-Amperewindungen und somit die Abmessungen der Maschine verkleinern, wenn man den Läufer nach Bild 6 ausführt, d. h. die Läuferzähne nicht alle gleichmacht, sondern ähnlich wie beim Turbogenerator in der Polmitte einen breiten Zahn anordnet. Da zu der Ausbildung des Flusses diejenigen Amperestäbe am meisten beitragen, die von der Polmitte um 90° entfernt sind, so läßt sich bei gleichen Läuferabmessungen eine größere Amperewindungszahl im Läufer unterbringen und damit die Leistung der Maschine erhöhen, wenn man die Phase, die den vollen Erregerstrom führt (Bild 1) an diese Stelle legt und die Nutenzahl dieser Phase größer macht bzw. die Leiter dieser Phase mit größerem Querschnitt ausführt als die der beiden anderen Phasen, die nur den halben Erregerstrom führen.

Eine weitere wesentliche Leistungserhöhung läßt sich dadurch erreichen, daß man unter Berücksichtigung der gegenüber dem normalen Asynchronmotor veränderten Streuverhältnisse das Verhältnis der Ständerbohrung zu dem Ständeraußendurchmesser möglichst hoch wählt. — Die Anwendung aller dieser Mittel in Verbindung mit der Übererregung bewirkte, daß der synchronisierte Asynchronmotor unter den kompensierten Motoren einen wichtigen Platz einnimmt.

c) Die charakteristischen Kurven des synchronisierten Asynchronmotors.

Die Zunahme der synchronen Überlastungsfähigkeit des synchronisierten Asynchronmotors in Abhängigkeit von der Größe des voreilenden Leistungsfaktors zeigt Bild 7. Bei einem Leistungsfaktor cos φ = 0,9 führt die Maschine einen Blindstrom, der 49 % ihres Wirkstromes gleich ist, und hat dabei die 1,5fache Überlastungsfähigkeit. Bei einem Leistungsfaktor von 0,8 ist die synchrone Überlastungsfähigkeit gleich 1,73, also angenähert gleich der Überlastungsfähigkeit des gewöhnlichen Synchronmotors. Für den weitaus größten Teil der Antriebe genügt das 1,5fache synchrone Kippmoment. Man führt daher die synchronisierten Asynchronmotoren am zweckmäßigsten für einen voreilenden Leistungsfaktor von cos φ = 0,9 aus. (Das asynchrone Kippmoment ist dabei gleich dem 1,8- bis 2fachen Nennmoment.)

Stellt man den Erregerstrom so ein, daß bei 100 % Leistungsabgabe (Nennwirkleistung) ein bestimmter voreilender Leistungsfaktor an den Ständerklemmen vorhanden ist, so nähert sich der Leistungsfaktor bei Überlastung dem Wert cos φ = 1, bei Unterlastung wird der Leistungsfaktor immer mehr voreilend und erreicht im Leerlauf etwa den Wert cos φ = 0,1. Der Zusammenhang zwischen der Leistungsabgabe und dem Leistungsfaktor bzw. dem Ständerstrom für drei verschiedene (konstante) Erregerströme, entsprechend cos φ = 1,0, 0,9 Voreilung und 0,75 Voreilung bei 100 % Leistungsabgabe, ist in Bild 8 veranschaulicht. Ist der Erregerstrom so eingestellt, daß bei 100 % Leistungsabgabe der Leistungsfaktor gleich 1 ist, so ist bei 50 % Leistungsabgabe der voreilende Leistungsfaktor gleich 0,75. Ist der Erregerstrom dagegen so eingestellt, daß der Leistungsfaktor bei 100 % Leistungsabgabe gleich 0,75 ist, so wird bei 50 % Leistungsabgabe der voreilende Leistungsfaktor gleich 0,48. Für die normalen Verhältnisse (cos φ = 0,9) ist der Leistungsfaktor bei 50 % Leistungsabgabe gleich 0,57 voreilend.

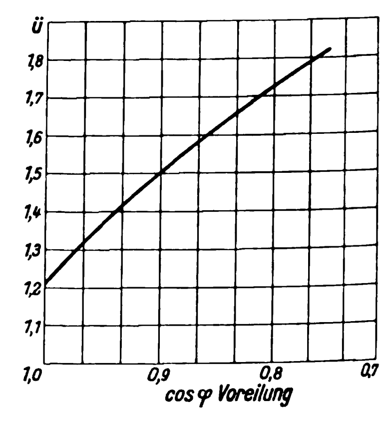


Bild 7. Synchronisierte Überlastungsfähigkeit in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor.

Bild 9 zeigt den Zusammenhang zwischen der Wirk- und Blindleistung von synchronisierten

Asynchronmotoren für drei verschiedene Werte des Leistungsfaktors ($\cos\varphi = 1{,}0$, $\cos\varphi = 0{,}9$ Voreilung und $\cos\varphi = 0{,}75$ Voreilung) bei 100 % Wirkleistung (Nennwirkleistung). Die Blindleistung ist in % der Nennwirkleistung ausgedrückt. Beträgt der Leistungsfaktor bei 100 % Wirkleistung 0,9, so beträgt die Blindleistung des synchronisierten Asynchronmotors, in % der Nennwirkleistung ausgedrückt, 53 % bei 100 % Leistungsabgabe, 89 % bei 50 % Leistungsabgabe und 100 %[1]) bei Leerlauf. Ein synchronisierter Asynchronmotor in Ausführung für 100 kW bei $\cos\varphi = 0{,}9$ Voreilung entlastet demnach das Netz bei 100 kW Leistungsabgabe um 53 kVA Blindleistung, bei 50 kW Leistungsabgabe um 89 kVA Blindleistung und bei Leerlauf um 100 kVA Blindleistung.

d) Der Synchronisierungsvorgang.

Ähnlich wie bei der synchronen Überlastungsfähigkeit liegen die Verhältnisse bei dem Synchronisierungsmoment, d. h. bei dem Moment, mit dem die Maschine im Anlauf in Synchronismus zu gehen vermag. Je größer die Übererregung ist, mit desto höherem Belastungsmoment geht der synchronisierte Asynchronmotor in den Synchronismus hinein. Den Zusammenhang zwischen dem voreilenden Leistungsfaktor und dem Synchronisierungsmoment zeigt Bild 10. Das Synchronisierungsmoment ist in % der Nennwirkleistung ausgedrückt. Bei einem voreilenden Leistungsfaktor von 0,9 geht also der synchronisierte Asynchronmotor in den Synchronismus mit 134 % des Nenndrehmomentes, bei einem voreilenden Leistungsfaktor von 0,75 geht der synchronisierte Asynchronmotor in den Synchronismus mit einem Drehmoment, das dem 1,56fachen Nenndrehmoment gleich ist.

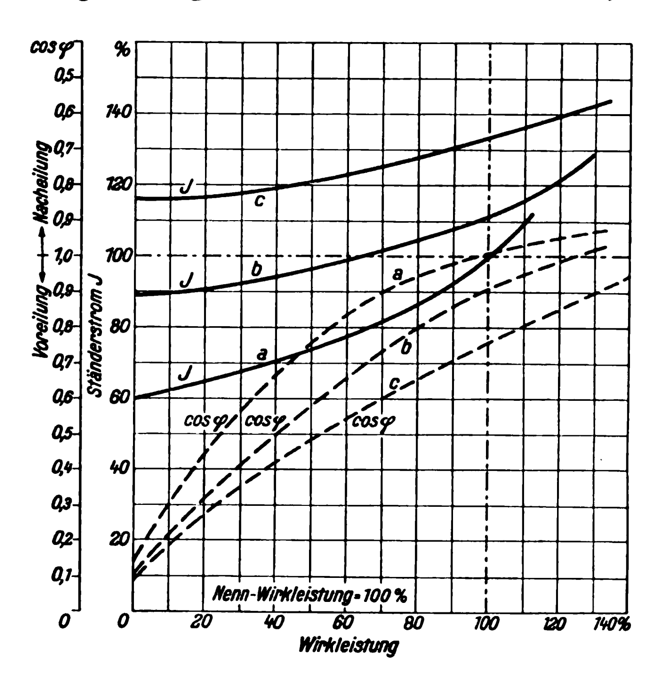


Bild 8. Leistungsfaktor und Ständerstrom in Abhängigkeit von der Wirkleistung (Wellenleistung) bei konst. Erregerstrom.

a = Erregerstrom bei Nennleistung für $\cos\varphi = 1$
b = „ „ „ „ $\cos\varphi = 0{,}9$ Voreilung
c = „ „ „ „ $\cos\varphi = 0{,}75$ „

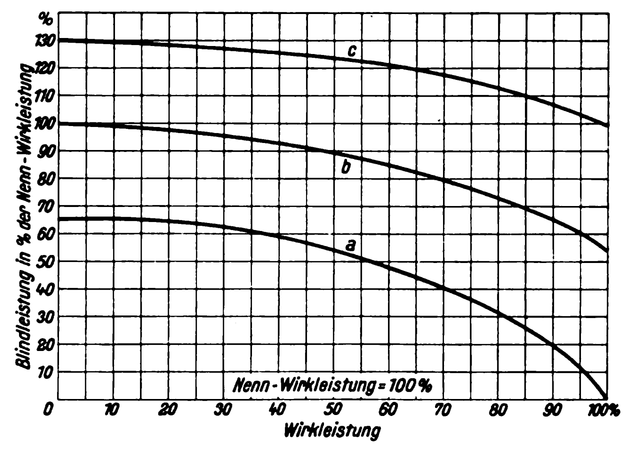


Bild 9. Blindleistung in Abhängigkeit von der Wirkleistung (Wellenleistung) bei konst. Erregerstrom.

a = Erregerstrom bei Nennleistung für $\cos\varphi = 1$
b = „ „ „ „ $\cos\varphi = 0{,}9$ Voreilung
c = „ „ „ „ $\cos\varphi = 0{,}75$ „

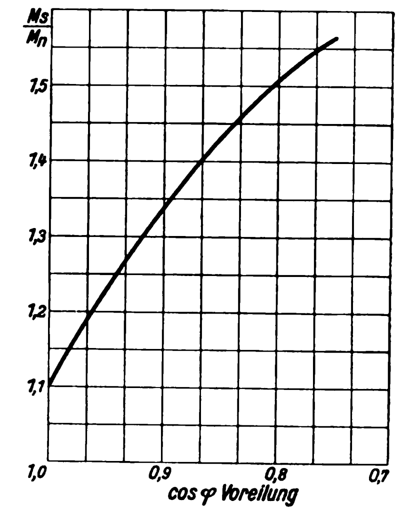


Bild 10. Synchronisierungsmoment in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor.

Das Oszillogramm des Synchronisierungsvorganges eines vollbelasteten Dreiphasen

[1]) Bei Leistungen über 80 kW sinkt dieser Wert auf etwa 95 %.

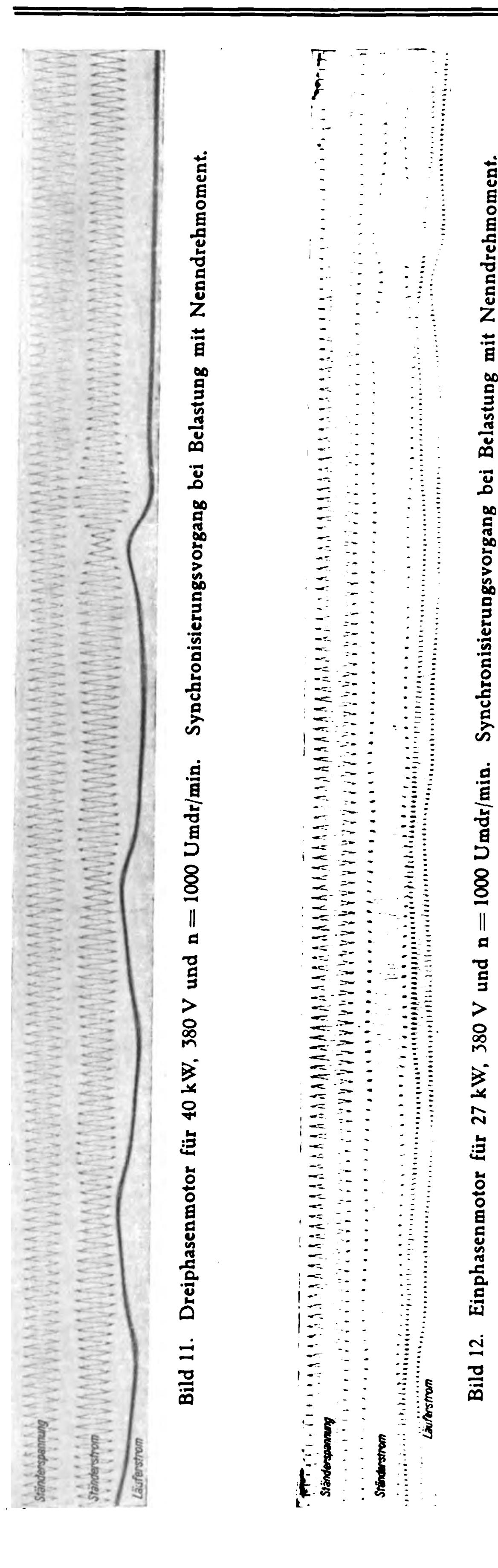


Bild 11. Dreiphasenmotor für 40 kW, 380 V und n = 1000 Umdr/min. Synchronisierungsvorgang bei Belastung mit Nenndrehmoment.

Bild 12. Einphasenmotor für 27 kW, 380 V und n = 1000 Umdr/min. Synchronisierungsvorgang bei Belastung mit Nenndrehmoment.

motors für 40 kW und 380 V bei n = 1000 Umdr/min ist in Bild 11 wiedergegeben. Der Läuferstrom wird gebildet durch Überlagerung des Wechselstromes, dessen Periodenzahl wie bei jeder Asynchronmaschine gleich der Schlupfperiodenzahl ist, und des von der Erregermaschine erzeugten Gleichstromes. Den Schwingungen des Stromes im Läufer entsprechen Schwingungen des Ständerstromes. Nach drei bis vier solcher Schwingungen geht der Motor in den Synchronismus, und der Läufer führt infolgedessen nur noch Gleichstrom. Die Zacken des Läuferstromes rühren von den Zahnpulsationen her. Die gleichen Stromschwingungen wie während des Synchronisierens treten auf, wenn der synchronisierte Asynchronmotor aus dem Synchronismus fällt.

Bild 12 zeigt den Synchronisierungsvorgang desselben Motors in Betrieb als Einphasenmotor, und zwar ebenfalls bei Vollast (27 kW). Auch in diesem Falle geht der Motor nach drei bis vier Schwingungen in den Synchronismus hinein. Der Läuferstrom wird hier gebildet durch Überlagerung des Wechselstromes von der Schlupfperiodenzahl, des Gleichstromes und des vom inversen Drehfeld in der Läuferwicklung induzierten Wechselstromes von der 2fachen Netzperiodenzahl. Dieser letztere Wechselstrom bleibt in der Läuferwicklung auch dann bestehen, wenn die Maschine synchron läuft.

Für Leistungen bis zu etwa 300 kW bei $\cos \varphi = 0{,}9$ und entsprechenden Ständerleistungen bei kleineren voreilenden Leistungsfaktoren hat sich der synchronisierte Asynchronmotor sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht gut bewährt. Für diese Leistungen liegt der Preis des synchronisierten Asynchronmotors im Vergleich zum Preis der anderen kompensierten Maschinen günstig. Bei größeren Leistungen ist die Verwendung einer fremderregten Drehstrom-Erregermaschine an Stelle der Gleichstrom-Erregermaschine zweckmäßiger. Für höhere Leistungen ist nämlich der Preis des Asynchronmotors mit fremderregter Drehstrom-Erregermaschine nicht höher als der des synchronisierten Asynchronmotors, die Nachteile aber, die mit dem synchronen Lauf des synchronisierten Asynchronmotors verbunden sind, kommen in Wegfall.

Grundlagen für die Berechnung von Venturirohren

Von Dipl.-Ing. Otto von Kálmán, Wassermesserabteilung der Siemens & Halske A.-G.

Grundgleichungen der Mündungsmesser.

In jeder Verjüngung einer Strömungsbahn tritt eine Erhöhung der Geschwindigkeit der strömenden Flüssigkeit und eine Abnahme des statischen Druckes ein. Baut man ein Drosselorgan in eine Rohrleitung ein, so entsteht somit in der strömenden Flüssigkeit (Wasser, Dampf, Gas, Luft usw.) zwischen Einlauf (im folgenden als Meßstelle 1 bezeichnet) und Einschnürung (Meßstelle 2) eine Druckdifferenz. Unter Vernachlässigung der Reibungs- und Stoßverluste ist der Strömungsvorgang für Wasser im Normalzustand (4° C, 1 at, spez. Gewicht = 1) ein rein mechanischer, der durch die Gleichung[1])

$$(1) \qquad \frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} = p_1 - p_2$$

bestimmt ist, wobei V_1 und V_2 die Geschwindigkeiten, p_1 und p_2 die statischen Drücke bedeuten; $p_1 - p_2 = H$ ist die Druckdifferenz. Unter den Voraussetzungen, unter denen Gl. 1 gilt, besteht für eine bestimmte Einschnürung zwischen Druckdifferenz H und Durchflußmenge Q die einfache Beziehung:

$$(2) \qquad H = \text{prop. } Q^2.$$

Die Gleichungen 1 und 2 sind grundlegend für die Theorie der Mündungsmesser, die alle aus einem Drosselorgan (Staurand, Düse oder Venturirohr) zur Erzeugung, und aus einem Apparat zur Messung der Druckdifferenz bzw. zur Anzeige der Durchflußmenge bestehen.

Das Venturirohr.

Geschichtliches[2]), Eigenschaften, Verwendung.

Das Drosselorgan des Venturimessers ist das Venturirohr, von Giambatiste Venturi, Professor der angewandten Physik in Modena, am Ende des XVIII. Jahrhunderts angegeben[3]) (Bild 1).

In der Meßtechnik erstmalig verwertet wurden die Strömungseigenschaften eines Venturirohres jedoch fast ein Jahrhundert später durch den amerikanischen Ingenieur Clemens Herschel, dem im Jahre 1889 das erste deutsche Patent über Venturimesser erteilt wurde[1]).

Anläßlich der Tagung der „American Society of mechanical Engineers" im Jahre 1909 bezeichnete Herschel das Venturirohr als eine Verkörperung eines Naturgesetzes, und in der Tat hat das Venturirohr gegenüber den beiden anderen Einschnürungsorganen zwei wesentliche Vorteile.

Der erste Vorteil ist, daß die Form des Rohres der Wasserströmung weitgehend angepaßt ist. Dadurch werden die Stoß- und Wirbelverluste auf ein Minimum reduziert und die Berechnung ist auf einwandfreie theoretische Grundlage gestellt. Der zweite Vorteil ist, daß der Druckverlust, bezogen auf die Druckdifferenz, infolge des konischen Auslaufrohres nur etwa 10 bis 15 % beträgt, während beim Staurand und der Düse dieses Verhältnis zwischen 30 bis 50 % liegt.

Diese Zahlenwerte sind einer ausführlichen Arbeit von Dr.-Ing. A. Grunwald entnommen, die auszugsweise auch in der Siemens-Zeitschrift[2]) veröffentlicht wurde. Dr. Grunwald hat die Wirkungsweise, meßtechnischen Eigenschaften und Anwendungsgebiete der genannten Typen eingehend

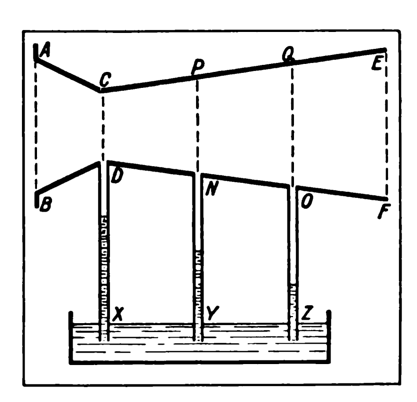


Bild 1. Venturirohr nach einem Bild aus dem Werk von Venturi.

---

[1]) Streng genommen nur für einen Wasserfaden gültig.

[2]) Das Entstehen der Theorie der Venturimessung ist u. a. in der holländischen Broschüre von L. C. Post „2000 Jaren . . . . Een greep mit de geschiedenis der hydraulica" 1924, sehr anschaulich geschildert.

[3]) Recherches Expérimentales sur le principe de la communication latérale du mouvement dans les fluides, par le Citoyen J. B. Venturi, Paris 1797.

[1]) D. R. P. Nr. 47 750, Klasse 42: Instrumente, Clemens Herschel in Holyoke (Mass., U. S. A.), „Apparat zur Bestimmung der sekundlich durch eine Röhre fließenden Wassermenge". Patentiert im Deutschen Reiche vom 17. April 1888 ab.

[2]) Dr.-Ing. A. Grunwald. Über das Wesen der Druckdifferenzmessung. Siemens-Zeitschrift, Februar- und Märzheft 1925.

untersucht und die gestellte Frage, Staurand, Düse oder Venturirohr, dahin beantwortet, daß für genaue Messungen das Venturirohr vorzuziehen ist.

Die Vorteile des konischen Auslaufrohres waren schon von Venturi erkannt, wie aus dem folgenden Zitat aus den „Recherches Experimentales" deutlich hervorgeht:

„Dans les tuyaux cylindriques la dépense est moindre que dans les coniques qui divergent à partir de la veine contractée et ont les mêmes diamètres extérieurs."

Das Anwendungsgebiet der Venturimesser erstreckt sich auf die Messung der Durchflußmengen aller strömenden Flüssigkeiten, ohne Rücksicht auf deren chemische Beschaffenheit und Verunreinigung. Diese Faktoren begrenzen mitunter die Verwendbarkeit der Wasser-, Dampf- und Gasmessersysteme mit beweglichen Organen. Daß bewegliche Teile nicht vorhanden sind, ist auch vom Standpunkt der Betriebssicherheit ein wesentlich praktischer Vorteil des Venturirohres.

Venturimesser der Siemens & Halske Akt.-Ges.

Die Wassermesser-Fabrik der Siemens & Halske A.-G. war die erste deutsche Spezialfabrik, die nach eingehender Forschungsarbeit den Bau der Venturimesser in großem Stil aufgenommen und bei der Ausbildung dieses Meßsystems die auf mehr als 70 Jahre sich erstreckenden Erfahrungen in der Fabrikation der verschiedensten Typen der Geschwindigkeits- und Volumen-

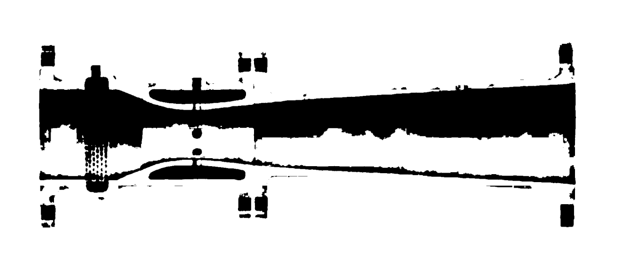


Bild 2. Siemens-Venturirohr.

Wassermesser verwertet hat. In welchem Rahmen sich diese Entwicklung vollzog, zeigt anschaulich der Hinweis, daß bereits vor etwa 10 Jahren[1]) in Saugbrugsforeningen, Frederikshald (Norwegen), ein Siemens-Venturi-Großwassermesser von 3200 mm lichter Weite zur Messung der 1 500 000 m³ betragenden Tages-Durchflußmenge einer Turbinen-Kraftanlage von 12 000 PS in Betrieb genommen wurde[2]). Bei Dampfmessern[3]) kommen natürlich so große Abmessungen nicht vor; die lichte Weite eines Venturi-Dampfmessers wird selten über 400 mm liegen. Ein Venturi-Dampfmesser von 500 mm l. W., für eine Leistung von 27 000 kg/h, wird gegenwärtig für die Deutschen Solvay-Werke, Bernburg, in den Werkstätten der Siemens-Wassermesser-Fabrik ausgeführt.

Um für die folgenden Betrachtungen eine Vorstellung von den Abmessungen zu geben, sind in Tafel I die normalisierten Grenzwerte von Betriebsdruck, lichter Weite, Baulänge und Gewicht für die Siemensschen Venturi-Wasser-, Dampf-, Gas- und Luftmesser angeführt.

Tafel I.

Strömende Flüssigkeit	Grenzwerte			
	Betriebsdruck bis Atmosphären	Lichte Weite von bis mm	Baulänge von bis mm	Gewicht von bis kg
Kaltwasser . . .	20	50 — 1000	550 — 5000	25 — 3600
Heißwasser . .	20	50 — 250	550 — 1400	30 — 275
Dampf	20	50 — 400	550 — 2000	30 — 600
Gas und Luft .	10	50 — 1000	550 — 5000	25 — 3600

Die Tafel enthält lediglich die Angaben der Normaltypen. Die Ausführungsgrenzen liegen viel weiter auseinander. Es werden Venturirohre in Sonderausführungen für Betriebsdrücke bis 250 at und — wie bereits erwähnt — für einen Durchmesser von über 3 m hergestellt. Die Baulängen und Gewichte verändern sich entsprechend.

Die konstruktive Ausführung der Siemens-Venturirohre ist aus Bild 2 ersichtlich.

Hinzugefügt sei, daß die Form und Einschnürung der Düse, sowie der Auslaufwinkel in jedem Falle auf Grund einer Berechnung fest-

[1]) 27. Juni 1915.

[2]) Thiem, Mengenmessungen flüssiger oder gasförmiger Stoffe, insbesondere in großen Rohrleitungen. Siemens-Zeitschrift, Oktober 1922.

[3]) Dr.-Ing. M. Schaack, Dampfmessung. Siemens-Zeitschrift, Januar 1925.

gelegt und jeder fertige Venturimesser einer eingehenden Prüfung unterzogen wird.

Gegenstand der Berechnung.

Die günstigste Form und Abmessung eines Maschinenelementes, einer Maschine oder eines Apparates ermittelt man entweder rein praktisch durch Probieren oder durch eine Vorausberechnung.

Bei der Vorausberechnung geht man im allgemeinen so vor, daß man die zu berechnenden Abmessungen auf Grund von Analogien schätzungsweise annimmt bzw. nach Faustformeln vorläufig festlegt. Mit diesen angenommenen Maßen wird die Berechnung ausgeführt und das Ergebnis mit den den angenommenen Werten zugrunde liegenden Betriebsgrößen verglichen. Entsprechend den gefundenen Abweichungen werden die Abmessungen schätzungsweise etwas abgeändert und dann die Berechnung von neuem durchgeführt; im allgemeinen muß man dieses Verfahren mehrmals wiederholen.

Nur ausnahmsweise ist man in der Lage, eine unmittelbare Bestimmung der Hauptabmessung — ohne wiederholte Abänderungen —, also eine Vorausberechnung im engeren Sinne vorzunehmen.

Das Venturirohr ist infolge der weitgehenden Annäherung seiner Form an den Strömungsverlauf ein Beispiel eines Gerätes, dessen Abmessungen sich durch Vorausberechnung im engeren Sinne feststellen lassen.

Die Berechnung eines Venturirohres als Druckdifferenzerzeuger besteht

a) aus der Berechnung der Einschnürung (kleinster Düsendurchmesser), die erforderlich ist, bei der maximalen (stündlichen) Durchflußmenge eine von der Ausführung des Sekundärorgans (Differential-Manometer) abhängige, bestimmte Druckdifferenz zu erzeugen,

b) aus der Bestimmung der Form und der übrigen Abmessungen (Einlaufdurchmesser, Auslaufdurchmesser und Länge) der Düse und der Form und Abmessungen des Ein- und Auslaufrohres, die so durchzuführen ist, daß der Energieverlust einen zulässigen Wert nicht überschreitet.

Berechnung der Einschnürung.
Venturirohr für Wasser.

Der Berechnungsgang ist in der Tafel II wiedergegeben.

Tafel II.
Berechnung der Einschnürung des Venturi-Wassermessers.

Daten	Bezeichnung	Dimension	Gleichung	Anmerkung
Maximale Durchflußmenge . .	Q	m^3/h	—	Angaben der Besteller
Rohrquerschnitt	F_1	m^2	—	
Druckdifferenz	H	$^1/_{10}$ kg/cm² = m WS	—	Entsprechend dem für das Differential-Manometer erforderlichen Druck vom Fabrikanten festgelegt
Wassergeschwindigkeit im Einlaufrohr	V_1	m/s	$V_1 = \frac{Q}{3600 \cdot F_1}$	Meßstelle 1. Abnahme des Plusdruckes
Geschwindigkeitshöhe	h	kg/m² = m WS	$h_1 = \frac{V_1^2}{2g}$	
Wassergeschwindigkeit im Einschnürungsquerschnitt . . .	V_2	m/s.	$V_2 = \sqrt{2g\,(H + h_1)}$ H und h_1 in m WS eingesetzt	Meßstelle 2. Abnahme des Minusdruckes
Einschnürungsquerschnitt . .	F_2	m^2	$F_2 = \frac{Q}{3600\, V_2}$	Auf Grund der Kontinuitätsgleichung $Q = F_1\, V_1 = F_2\, V_2$

Aus F_2 ergibt sich der kleinste Düsendurchmesser.

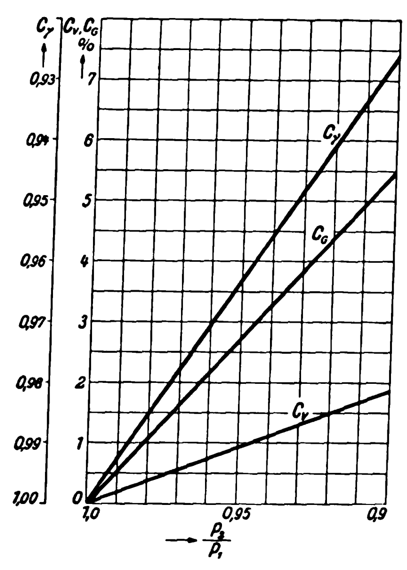


Bild 3. Tafel zum Ermitteln der Korrektionsfaktoren für spezifisches Gewicht, Gewicht und Geschwindigkeit.

Um bei einem etwaigen Übergang von den volumetrischen Angaben, die der Messer anzeigt, zu den Gewichtswerten das entsprechende spezifische Gewicht aus einer Tafel[1]) oder aus einer Kurve entnehmen zu können, ist die Kenntnis der Wassertemperatur erforderlich. Beim Kesselspeisewasser von 130 bis 150° C Temperatur ist das spezifische Gewicht um 7 bis 9 % niedriger als im Normalzustand. Verwendet man einen normalen Venturi-Wassermesser, der für Kaltwasser geeicht wurde, als Kesselspeise-Wassermesser, so muß die volumetrische Angabe mit der Quadratwurzel aus dem spezifischen Gewicht multipliziert werden, um das wahre Gewicht zu erhalten. Der Einfluß des Druckes kann in allen Fällen vernachlässigt werden.

Venturirohr für Dampf, Gas und Luft.

Die Einschnürung des Venturirohres für Dampf, Gas und Luft wird entsprechend dem im vorhergehenden für Wasser angegebenen Verfahren berechnet, jedoch unter Beachtung folgender Unterschiede:

1. Die Venturi-Dampf-, Gas- und Luftmesser zeigen das Gewicht der stündlich durchströmenden Menge in kg/h (t/h) an, im Gegensatz zu dem Venturi-Wassermesser, der das Volumen in m^3/h angibt.
2. Die Abweichungen im spezifischen Gewicht[2]) des Dampfes im Einlaufrohr (Meßstelle 1) und im Einschnürungsquerschnitt (Meßstelle 2) sind zu berücksichtigen.

Für Dampf, Gas und Luft wird die Berechnung hinreichend genau, wenn man eine adiabatische Expansion voraussetzt. Indessen rechnet man gewöhnlich nach den für nichtkompressible Flüssigkeiten gültigen quadratischen Formeln und korrigiert die Werte.

Die Korrektion erfolgt auf Grund der Gleichung

$$\gamma_2 = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{1}{k}} \cdot \gamma_1. \quad (3)$$

In Bild 3 sind die bei der quadratischen Berechnung der adiabatischen Vorgänge notwendigen Korrektionsfaktoren für das spezifische Gewicht, Gewicht und Geschwindigkeit in Abhängigkeit von dem Verhältnis zwischen Dampfdruck im Einlaufrohr (Meßstelle 1) und Dampfdruck im Einschnürungsquerschnitt (Meßstelle 2) aufgetragen.

Die in % angegebenen Werte gelten für $k = 1{,}4$ und $p_1 = 10$ at.

Für die Berechnung des kleinsten Düsendurchmessers sind nachstehende Angaben erforderlich:

Lichte Weite der Rohrleitung,
Maximale Durchflußmenge in kg/h,
Druck und Temperatur des Dampfes.

Die Berechnung ist so durchzuführen, daß eine bestimmte, vorher festgelegte Druckdifferenz entsteht.

In Tafel III ist angegeben, in welcher Weise bei der Berechnung vorzugehen ist.

Es ist weniger instruktiv, führt jedoch schneller zum Ziele, zur Vorausberechnung des Venturirohres für Dampf und Gas Gleichungen anzuwenden, in denen die Zustandsänderung von vornherein berücksichtigt ist.

Nimmt man eine adiabatische Expansion an und legt man einen Ausflußkoeffizienten $K = 0{,}98$ zugrunde, so kann man den Einschnürungsquerschnitt F_2 in Millimetern nach der folgenden Gleichung berechnen:

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot n^{\frac{1}{k}}}{\sqrt{1 + (Bg \cdot C)^2}}, \quad (4)$$

[1]) 2 Bd. Hütte, XXII. Aufl., Bd. I. S. 372, Dichte (prakt. kg/m^3) und Volumen (m^3/kg) des Wassers bei verschiedenen Temperaturen.

[2]) Die neueren Veröffentlichungen über spez. Gewicht des Dampfes sind
a) Knoblauch, Raisch, Hausen. Tabellen und Diagramme für Wasserdampf, 1923.
b) Mollier, Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf, 1925.

Tafel III.

Berechnung der Einschnürung des Venturirohres für Dampfmessung.

Daten	Bezeichnung	Dimension	Gleichung	Anmerkung
Querschnitt der Rohrleitung .	F_1	m^2	—	
Gewicht der stündlich durchströmenden maximal. Dampfmenge	G	kg/h	—	Angaben der Besteller
Abs. Druck des Dampfes vor dem Venturirohr	P_1	ata	—	
Abs. Temperatur des Dampfes vor dem Venturirohr . . .	T_1	°abs.	—	
Druckdifferenz zwischen Meßstelle 1 und 2	H	$^1/_{10}$ kg/cm² = m WS	—	Entsprechend dem für das Differential-Manometer erforderlichen Druck vom Fabrikanten festgelegt
Spez. Gewicht des Dampfes vor dem Venturirohr	γ_1	kg/m³	aus den Mollier-Tafeln 1925	
Volumen der stündlich durchströmenden maxim. Dampfmenge vor dem Venturirohr .	Q_1	m³/h	$Q_1 = \frac{G}{\gamma_1}$	Meßstelle 1. Abnahme des Plusdruckes
Dampfgeschwindigkeit vor dem Venturirohr	V_1	m/s	$V_1 = \frac{Q_1}{3600 \cdot F_1}$	
Geschwindigkeitshöhe vor dem Venturirohr	h_1	$^1/_{10}$ kg/cm² = m WS	$h_1 = \frac{V_1^2 \gamma}{2g}$	
Dampfgeschwindigkeit in dem Einschnürungsquerschnitt: Annäherungswert	V'_2	m/s	$V'_2 = \sqrt{\frac{2g\,(H + h_1)}{\gamma_1}}$ H und h_1 in m WS	
korrig. Wert	V_2	m/s	$V_2 = C_v \cdot V_2'$ (C_v aus Kurvenblatt)	Meßstelle 2. Abnahme des Minusdruckes
Spez. Gewicht des Dampfes im Einschnürungsquerschnitt	γ_2	kg/m³	aus den Mollier-Tafeln 1925	
Volumen der stündlich durch den Einschnürungsquerschn. durchström. Dampfmenge . .	Q_2	m³/h	$Q_2 = Q_1 \cdot \frac{\gamma_1}{\gamma_2}$	
Einschnürungsquerschnitt . .	F_2	m^2	$F_2 = \frac{Q_2}{3600 \cdot V_2}$	Daraus kleinster Düsendurchmesser
Gewicht der stündlich durchströmenden maxim. Dampfmenge: Annäherungswert	G'	kg/h	$G' = 3600\,F_2 \sqrt{2g(H+h_1)\gamma_1}$	
korrig. Wert	G	kg/h	$G = C_G \cdot G'$ (C_G aus Kurvenblatt)	Kontrolle ob Berechnung richtig

wobei

$$n = \frac{p_1}{p_2} \text{ (Druckverhältnis)},$$
$$k = 1{,}4,$$
$$B_G = f_1 (F_1, G, H, \gamma),$$
$$G = \text{Dampfgewicht in kg/h},$$
$$H = \text{Druckdifferenz in m WS},$$
$$\frac{1}{\gamma} = \text{spezifisches Volumen m}^3\text{/kg},$$
$$C = f_2 (k, n).$$

Die Werte von $n^{\frac{1}{k}}$ und C sind als Funktion von n aus Kurvenblättern oder Tafeln zu entnehmen.

Die Leistung G in kg/h ist bei bekannter Einschnürung durch die Gleichung (5) bestimmt

$$(5) \qquad G = 0{,}494 \; F_2 \cdot E \cdot A \cdot \sqrt{H \cdot \gamma},$$

wobei

$$E = f_3 (m) \text{ und } A = f_4 (n, m, k)$$

bezeichnet. „m" ist das Querschnittsverhältnis

$$\frac{F_2}{F_1},$$

E und A sind aus Tafeln oder Kurvenblättern als Funktion von m zu entnehmen.

Die Gleichungen (4) und (5) sind aus einer nicht veröffentlichten Arbeit von Ing. F. Niesemann entnommen. Sie sind den Bedürfnissen des Berechnungsingenieurs angepaßt, indem sowohl der Einschnürungsquerschnitt F_2 als auch das Dampfgewicht G als Funktion von der Druckdifferenz H ausgedrückt ist und die Abmessungen aller Größen so gewählt sind, wie sie in der Praxis allgemein üblich sind. Im besonderen eignet sich die Formel (5) zur Auswertung von Wandermessungen.

Berechnung der übrigen Abmessungen.

Bei der Wahl der übrigen Abmessungen dient als Berechnungsgrundlage die Bestimmung des Einlaufquerschnittes der Düse nach der zulässigen maximalen Geschwindigkeit, wobei auf die vom V. D. I. für Normaldüsen aufgestellten Forderungen Rücksicht genommen wird.

Die Gesamtbaulänge für kleinere Rohrweiten beträgt etwa das 7fache, bei größeren etwa das 5 fache des Rohrdurchmessers. Auf die näheren Einzelheiten der Bemessung kann im Rahmen dieses Aufsatzes nicht eingegangen werden. Das Grundlegende geht aus dem Gesagten deutlich hervor.

Die elektrische 1 C + C 1-Lokomotive der norwegischen Staatsbahn für die Erzförderung auf der Strecke Riksgränsen—Narvik (Ofotenbahn)

Von Dipl.-Ing. Reinhardt, Abteilung Bahnen der SSW.

Die günstigen technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse, die die schwedische Staatsbahnverwaltung auf ihrer Riksgränsbahn mit der elektrischen Betriebsform gemacht hat, veranlaßte die norwegische Staatsbahnverwaltung, die anschließende Strecke Riksgränsen—Narvik gleichfalls zu elektrisieren (Bild 1 u. 2). Die elektrische Zugförderung wurde auf der Strecke Riksgränsen—Narvik bereits im Juli 1923 aufgenommen, und zwar einstweilen mit Lokomotiven der schwedischen Staatsbahn, die von den SSW im Jahre 1914 geliefert worden waren (vgl. Z. d. V. D. I. 1924 Bd. 68 Nr. 4). Den Strom liefert das schwedische Porjus-Kraftwerk. Zu diesem Zweck ist von der letzten schwedischen Unterstation Vassijaure die Hochspannungsleitung für 80 000 V bis nach Narvik verlängert über die beiden Unterwerke Hundalen und Narvik. Die Fahrleitung für 15 000 V Einphasenwechselstrom ist in gleicher Weise ausgebildet wie auf der schwedischen Strecke (drehbare Ausleger mit Rohrabstützung), auch Saugtransformatoren mit Gegenspannungsleitung sind angewendet. Die norwegische Staatsbahn hat für diese Strecke den SSW die vollständigen elektrischen Ausrüstungen für zwei Lokomotiven der Bauart 1 C + C 1 in Auftrag gegeben. Sie wurden in Gemeinschaft mit der AEG Berlin entworfen. Die Leistung der Lokomotiven ist die gleiche wie diejenige der 1 C + C 1/1530-Lokomotiven, die die SSW im Jahre 1922/23 für die schwedische Strecke Kiruna—Riksgränsen geliefert haben. Im Gegensatz zu letzteren sind die neuen Lokomotiven für Stromrückgewinnung eingerichtet.

Die norwegische Ofotenbahnlokomotive ist in Bild 3 dargestellt. Sie gleicht in ihrer äußeren Erscheinung fast völlig der schwedischen Riksgränslokomotive (Bild 4), jedoch sind über den

Führerständen kastenförmige Aufbauten zur Aufnahme der Bremswiderstände angeordnet, die bei der schwedischen Lokomotive fehlen.

Die Hauptabmessungen der norwegischen Lokomotive sind folgende:

Spurweite	1 435 mm
Treibraddurchmesser	1 530 „
Laufraddurchmesser	988 „
Gesamtradstand einer Lokomotivhälfte	7 050 „
Fester Radstand einer Lokomotivhälfte	4 900 „
Größte Länge der Lokomotive über den Puffern	21 000 „
Betriebsgewicht einer Doppellokomotive	132,7 t
Reibungsgewicht einer Doppellokomotive	102,0 t

Zur Erzielung guter Kurvenläufigkeit ist die Lokomotive als Doppellokomotive gebaut. Die kurzgekuppelten Hälften sind vollkommen gleich. Damit ist für den Betrieb der Vorteil verbunden, daß bei Schadhaftwerden einer Lokomotivhälfte oder bei sonstigen Anlässen die Strecke durch die gesunde Hälfte freigemacht und nur die unbrauchbare Hälfte gegen eine andere ausgewechselt zu werden braucht. Jede Lokomotivhälfte erhält einen halbhochgelagerten Doppelmotor, der mittels eines beiderseitigen Zahnradgetriebes mit gefederten Ritzeln eine etwas über Triebachsmitte liegende Zahnrad-Blindwelle treibt, an der das Kuppelgestänge angreift. Die Laufräder sind als Adamsachsen ausgebildet; an den mittleren Treibrädern sind die Spurkränze abgedreht. Der mechanische Teil zeigt entsprechend den hohen Beanspruchungen kräftig gehaltene Rahmen-(Innenrahmen-) und Triebwerkausführung. Über die ganze Länge einer Lokomotivhälfte zieht sich das Lokomotivhaus, geteilt in Führerstand und Maschinenraum. Es ist aus Blech gefertigt, nur der Führerstand hat innere Holzverschalung und zugleich doppelten Boden. In jeder Lokomotivhälfte befindet sich ein vollständig ausgerüsteter Führerstand mit Führerschalter, Bremsventilen, Pfeifenzug, Meßgeräten, Schalttafel usw., der des guten Ausblicks wegen reichlich mit Fenstern versehen ist. In dem anschließenden Maschinenraum (Bild 5 und 6) ist die übrige elektrische Ausrüstung untergebracht. Unmittelbar hinter der Führerhausrückwand steht hoch auf dem Rahmen der Transformator, neben ihm ist die Hochspannungskammer angeordnet; weiterhin folgen die Schaltdrosselspulen in gemeinsamem Ölkessel und die beiden Schaltgerüste (Bild 7) mit Stufen- und Bremsschützen, das Motorgebläse und die Ölpumpe für den Transformator sowie die sonstigen Hilfsapparate. Zwischen der zweiten und dritten Treibachse jeder Hälfte ist der Doppelmotor mit aufgesetztem Doppelgebläse eingebaut und an der Kurzkupplungsseite der Luftpresser. Durch diese Anordnung, die der bei den Lokomotiven der anschließenden schwedischen Strecke ähnelt, ist ein guter Gewichtausgleich erzielt worden. Auf der linken Seite jeder Lokomotivhälfte bleibt ein Durchgang frei, der einen ungehinderten Verkehr von einer Lokomotivhälfte zur anderen durch Türen in der Rückwand des Lokomotivhauses gestattet und von dem aus alle Apparate gut zugänglich sind. Jalousien in den Seitenwänden des Hauses lassen die zur Lüftung nötige Frischluft einströmen. Das Lokomotivdach ist soweit abnehmbar ausgeführt, daß Motoren und Transformatoren bequem ausgebaut werden können.

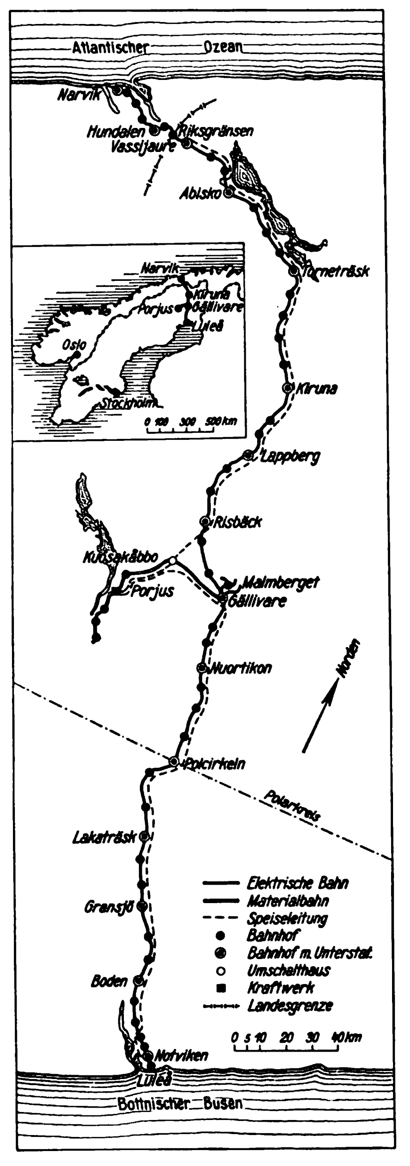


Bild 1. Lageplan der Ofoten- und Riksgränsbahn.

Die Lokomotiven erhalten Druckluftbremse, die auf sämtliche Triebachsen wirkt. Ebenfalls

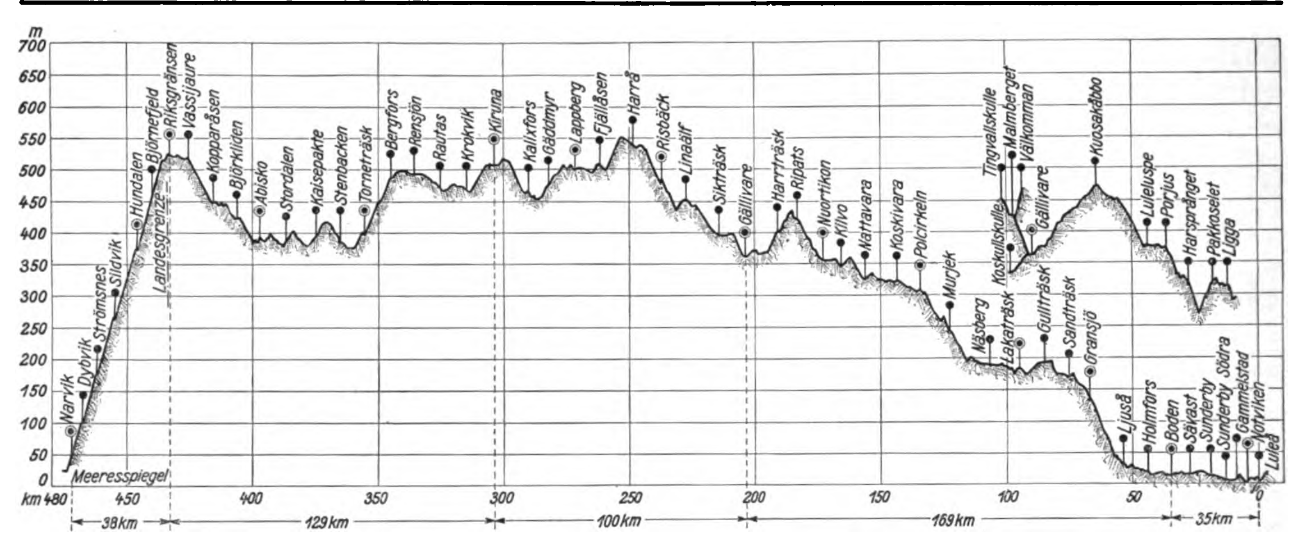


Bild 2. Höhenplan der Ofoten- und Riksgränsbahn.

mit Druckluft werden die Sandstreuer, die Stromabnehmer und die Signalpfeifen betrieben.

Die beiden Scherenstromabnehmer werden durch Druckluft von jedem Führerstand aus betätigt. Ein besonderer Durchführungsisolator führt ihnen die Druckluft zu. Außerdem ist eine Handluftpumpe in jedem Führerstand vorgesehen.

Von dem Stromabnehmer jeder Lokomotivhälfte fließt der hochgespannte Strom (Bild 8) über eine auf Lokomotivdachmitte liegende Verbindungsleitung, in der Trennmesser das Abschalten jedes Stromabnehmers ermöglichen, und über eine Schutzdrosselspule zu dem Hochspannungs-Höchststromauslöser und dem Ölschalter. Diese beiden letzteren liegen in einer vollständig abgeschlossenen Kammer. Der Ölschalter kann im Führerstand von Hand oder elektropneumatisch mittels Druckknopf auf dem Führerschalter eingeschaltet werden und ist für Handauslösung, magnetische Fernauslösung (durch den Höchststromauslöser oder Druckknopf auf dem Führerschalter) und Freiauslösung eingerichtet. Die Freiauslösung bewirkt, daß der Ölschalter bei dauernder Überlastung nicht wieder eingeschaltet werden kann. Beim Öffnen der Türen der Hochspannungskammern wird die Hochspannungsleitung durch Erdungsschalter selbsttätig geerdet.

Der Haupttransformator ist als Manteltransformator ausgeführt. Kern und Wicklungen liegen in einem Ölkessel mit Kühlrohren, deren Außenoberflächen wieder durch aufgeschweißte o-förmige Kühlrippen vergrößert sind. Zur Abführung der Wärme wird das Öl von einer besonderen Ölpumpe aus dem Kessel herausgesaugt, durch die obenerwähnten Kühlrohre gedrückt und gelangt innerhalb des Kessels durch die Spalten zwischen den Wicklungen hindurch wieder an die Ansaugstelle. Gleichzeitig umspült ein Luftstrom die Ölkesselwände und die Kühlrohre. Derselbe Luftstrom bestreicht den mit Kühlrohren versehenen Ölkessel der Schaltdrosselspulen. Ölpumpe und Gebläse werden von einem gemeinsamen Hilfsmotor, schaltbar mit drei Spannungen, angetrieben.

Bild 3. Gesamtansicht der norwegischen Ofotenbahnlokomotive.

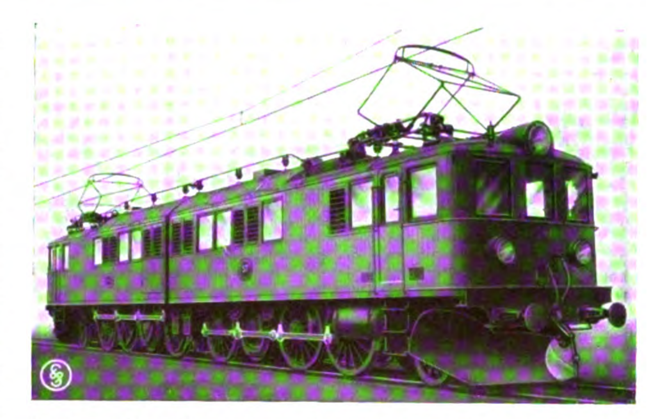


Bild 4. 1 C + C 1-Lokomotive der schwedischen Riksgränsbahn.

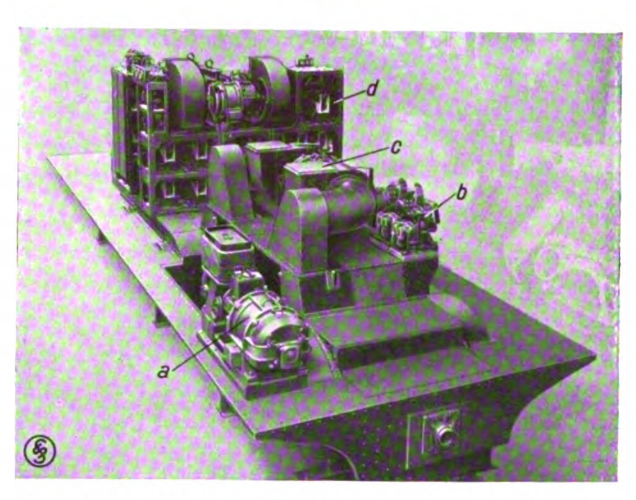


Bild 5. Ansicht des Maschinenraumes von der Kurzkupplungsseite.

a = Luftpresser
b = Fahrtwendeschütze
c = Doppelgebläse für Fahrmotor
d = Großes Schaltgerüst



Bild 6. Ansicht des Maschinenraumes, rechts Führerstand.

a = Luftpresser
b = Fahrtwendeschütze
c = Doppelgebläse für Fahrmotor
d = Großes Schaltgerüst
e = Transformator

Die Hauptmotoren sind Reihenschlußmotoren mit Kompensationswicklung und phasenverschobenem Wendefeld. Sie sind im Lokomotivrahmen halbhoch gelagert und als Doppelmotoren ausgebildet. Zur genauen Einhaltung der Abstände zwischen den Läuferachsen und der Blindwelle sind deren Lager in einem kräftig gebauten Motorgehäuse aus Stahlformguß untergebracht, das mit den Rahmenblechen fest verschraubt wird und gleichzeitig als Rahmenquerversteifung dient (Bild 9). Es ist in geeigneter Weise geteilt und in seinem oberen Teile so ausgebildet, daß es die Läuferwicklungsköpfe und auf der Kollektorseite die ganze obere Hälfte des Kollektors zur Beobachtung freiläßt. Beide Kollektoren liegen auf derselben Seite; die Bürstenträger sind zur besseren Bedienung der Kohlenbürsten drehbar angeordnet. Zur Verminderung von Telephonstörungen sind die Nuten im Läufer schräg gestellt. Bei der Durchbildung der Wicklungen im Läufer ist besonderer Wert darauf gelegt, daß eine Verschmutzung durch Kohlenstaub nicht eintreten kann. Die Läuferlager erhalten Ringschmierung, die Blindwellenlager Tropfschmierung von oben. Für den Ein- bzw. Ausbau der Motoren werden die Läufer, Ständer und Bürstenträgerringe außerhalb der Lokomotive zusammengebaut und die Läuferlager auf den Achsen befestigt; dann werden diese zusammengebauten Teile gemeinsam in das Motorgehäuse eingesetzt. Als Lüftung ist Sauglüftung vorgesehen, wobei ein Teil der Luft von der A-Seite aus über die Ständerwicklungsköpfe und durch die Läufernabe und den Kollektor, ein anderer Teil von der Kollektorseite aus direkt über den Kollektor gesaugt wird und beide Teile durch zwei auf dem Motorgehäuse befestigte Ventilatoren, von einem gemeinsamen Motor angetrieben, direkt ins Freie geschleudert werden. Auch diese Gebläsemotoren können mit drei verschiedenen Spannungen betrieben werden.

Die Doppelmotoren sind in sich in Reihe geschaltet. Die Steuerung geschieht durch elektromagnetische Schütze (Bild 7 und 8) in der gleichen Schaltung, wie die neuen eingangs erwähnten 1 C + C 1-Lokomotiven der Riksgränsbahn. Dadurch werden mit nur fünf Niederspannungsanzapfungen am Transformator 24 Fahrstufen erreicht. Auf jeder Lokomotivhälfte sind gleichzeitig je drei Fahrschützen eingeschaltet; die Spannungsregelung geht so vor sich, daß abwechselnd auf jeder Lokomotivhälfte eines der drei Schütze abgeschaltet und das nächste zugeschaltet wird. Dieser Vorgang ist soweit unterteilt, daß eine sehr gleichmäßige und praktisch stoßfreie Ge-

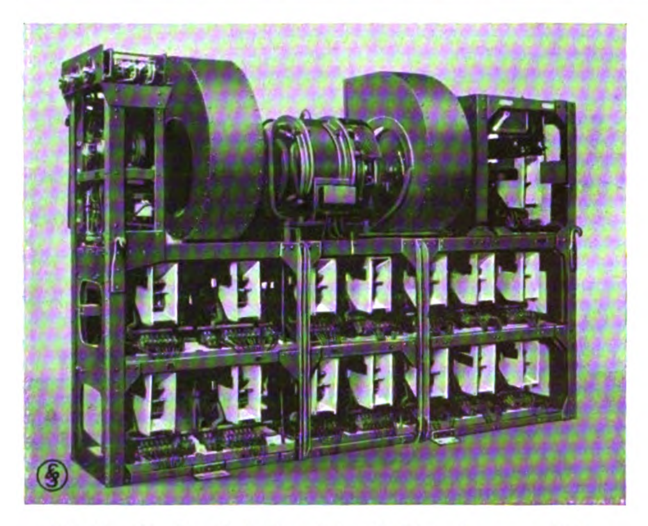


Bild 7. Großes Schaltgerüst mit Transformatorlüfter.

schwindigkeitsregelung erzielt wird. Die elektromagnetischen Fahrtwendeschütze wirken gleichzeitig als Nullspannungsschalter dadurch, daß ihre Hilfskontakte die Erdleitung der Stufenschütze unterbrechen. In die Erdleitung der Stufenschütze und Fahrtwendeschütze ist außerdem ein Niederspannungs-Höchststromauslöser eingeschaltet, der bei Überlastungen der Fahrmotoren sämtliche Schütze abfallen läßt. Eine

Bild 8. Schaltbild.

a = Hochspannungs-Höchststromauslöser und Auslösespule des Ölschalters
b = Scherenstromabnehmer
c = Ölschalter
d = Erdungsschalter, mit Hochspannungskammertür blockiert
e = Einschaltspule für Ölschalter (elektropneumatisch)
f = Erregertransformator (Spannungsteiler)
g = Schaltdrosselspulen
h = Meßwandler
i = Fahrtwendeschütze für Bremsen
k = Fahrtwendeschütze für Fahren
l = Kommutierungswiderstand
m = Kommutierungsdrosselspule
n = Drosselspule im Erregerkreis
o = Widerstand im Erregerkreis
p = Begrenzungswiderstand

weitere Verriegelung verhindert, daß die Hauptmotoren ohne Lüftung arbeiten. Ein selbsttätiger Steuerstromabschalter unterbricht den Steuerstrom, wenn der Druck im Bremszylinder 0,5 at übersteigt. Durch einen Vielfachabschalter können im Bedarfsfalle sämtliche Schütze einer Lokomotivhälfte abgeschaltet werden.

Der Führerschalter zeigt entsprechend der Schaltanordnung eine sehr einfache Abwicklung der Schaltwalze. Er ist mit Totmann-Kurbel ausgerüstet. Unmittelbar vor den Bedienungskurbeln sind in die Führerschalterplatte die beiden Druckknöpfe für das Einschalten bzw. Ausschalten der Ölschalter eingelassen. Der Führer kann also bei Gefahr durch Betätigung des Druckknopfes die ganze Lokomotive sofort stromlos machen.

Die Motorluftpumpen, je eine für jede Lokomotivhälfte, sind von jedem Führerstand aus über Hilfsschütze einschaltbar. Betriebsmäßig werden die Pumpen durch selbsttätige Pumpenschalter, abhängig von bestimmten Grenzen des Druckes im Hauptluftbehälter, ein- bzw. ausgeschaltet.

Die Führerstände werden elektrisch geheizt. Der Strom für Beleuchtung wird einem besonderen Hilfstransformator entnommen; außerdem ist für die Beleuchtung auf jeder Lokomotivhälfte eine Akkumulatorenbatterie vorhanden, auf die beim Ausbleiben der Fahrdrahtspannung durch einen selbsttätigen Lichtumschalter die wichtigsten Lampen umgeschaltet werden.

An der Führerhausvorderwand sind die Meßgeräte für Strom und Spannung, ein Bremskraftmesser und die Druckluftmesser für die Bremse sowie ein Geschwindigkeitsmesser angeordnet, so daß sie der Führer gut übersehen kann. Eine Schalttafel an der Führerstandrückwand trägt die Schalter für Hilfsmotoren sowie für Beleuchtung und Heizung.

Sämtliche Steuerleitungen sind in drei Kupplungsdosen zusammengeführt, die ein schnelles Entkuppeln der beiden Lokomotivhälften ermöglichen.

Für die Prüfung der Steuerung und der Hilfsmotoren in der Werkstatt, in der hochgespannter Strom nicht unmittelbar entnommen werden kann,

ist auf jeder Lokomotivhälfte eine Prüfdose vorgesehen, durch die den Apparaten und Hilfsmotoren über einen Prüfumschalter Strom passender Spannung zugeführt werden kann.

Mit Rücksicht auf die Eigenart der Strecke, die ganz im Gefälle liegt und talwärts mit beladenen, aufwärts mit leeren Erzwagen befahren wird, ist für die Lokomotiven Nutzbremsung vorgesehen (Bild 8). Der Erregerstromkreis wird dazu mit einem Widerstand und einer Drosselspule in Stern geschaltet; die Enden der Sternschaltung liegen an besonderen Anzapfungen des Transformators. Diese Kombination ist gewählt, um beim Bremsen einen günstigen Leistungsfaktor zu erzielen. Der Läuferstromkreis wird über einen Widerstand, der den doppelten Zweck, nämlich Strombegrenzung und Verhinderung der Selbsterregung hat, an den Transformator angeschlossen. In den Wendepolkreis wird eine Drosselspule zur günstigen Beeinflussung der Kommutierung eingeschaltet. Will

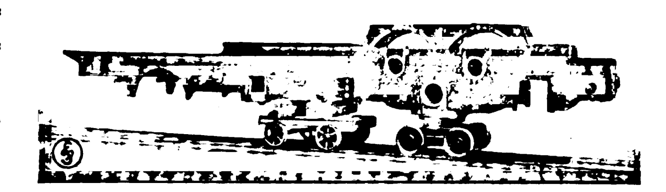


Bild 9. Rahmen einer Halblokomotive mit Motorgehäuse.

der Führer mit Nutzbremsung fahren, so legt er die Fahrtrichtungswalze des Führerschalters auf die Stellung „vorwärts bremsen" um und schaltet dann mit der Fahrkurbel in der gewöhnlichen Weise. Dadurch werden der Reihe nach die Stufenschütze eingeschaltet und die Bremsleistung entsprechend der Fahrgeschwindigkeit geregelt.

Die Hilfsapparate für die Bremsung sind so bemessen, daß außer dem Lokomotivgewicht noch ein Drittel des Zuggewichtes abgebremst werden kann.

Die Überwachung der Kreislaufkühlung

Mitgeteilt von der Literarischen Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Zum Ableiten der durch die elektrischen und magnetischen Verluste in elektrischen Maschinen entstehenden Wärme benutzt man neuerdings bei großen und mittleren Leistungen mehr und mehr das Kreislaufkühlverfahren. Die Kühlluft wird aus einer von der Außenluft abgeschlossenen Luftkammer angesaugt und in die Maschine gedrückt. Hier nimmt sie die in den Wicklungen und im Eisen entstandene Wärme auf. Die warme Abluft strömt dann durch wasserdurchflossene Kühler, gibt ihre Wärme an das Kühlwasser ab und tritt als Frischluft wieder in die Luftkammer. Die Kühlluft bewegt sich also in einem Kreislauf und die in der Maschine entstandene Wärmemenge wird fortwährend durch das Kühlwasser abgeführt. Die Luft ist in dem Wärmetransport von den Maschinenteilen zum Kühlwasser nur ein notwendiges Übel, weil man nur unter großen Schwierigkeiten die Maschine mit Wasser unmittelbar kühlen kann. Die Kreislaufkühlung hat vor der bisher gebräuchlichen offenen Luftkühlung so viele Vorteile, daß sie sich in Kürze allgemein durchsetzen dürfte. Die Maschine wird von der Temperatur der Außenluft unabhängiger: man braucht in ihrer Bemessung oder Belastung nicht mehr wie bisher eine sommerliche Höchsttemperatur von 35° anzunehmen, sondern kann die Temperatur der Kühlluft zugrunde legen. Die Staubfilterung der Kühlluft, die bei der offenen Luftkühlung besondere Aufmerksamkeit verlangte, fällt fort. Endlich ist bei der Kreislaufkühlung die Kühlluft frei von Säuredämpfen und Wasserdampf. Die Kreislaufkühlung ist also gegenüber der offenen Luftkühlung mit Rücksicht auf die größere Betriebssicherheit und die größere Lebensdauer der Maschine weitaus vorteilhafter.

Voraussetzung ist aber bei Anlagen mit Kreislaufkühlung, daß sie unbedingt zuverlässig arbeiten, weil eine auftretende Störung schon nach kurzer Zeit eine Gefahr für den Generator bedeutet. Es ist daher notwendig, das Arbeiten der Kühlanlage fortlaufend zu überwachen und etwaige Störungen selbsttätig anzuzeigen, damit eine unzulässige Erwärmung des Generators vermieden wird.

Die Höhe der Temperaturen in den Generatorteilen hängt von der Belastung der Maschine und von der Temperatur der zur Kühlung zu-

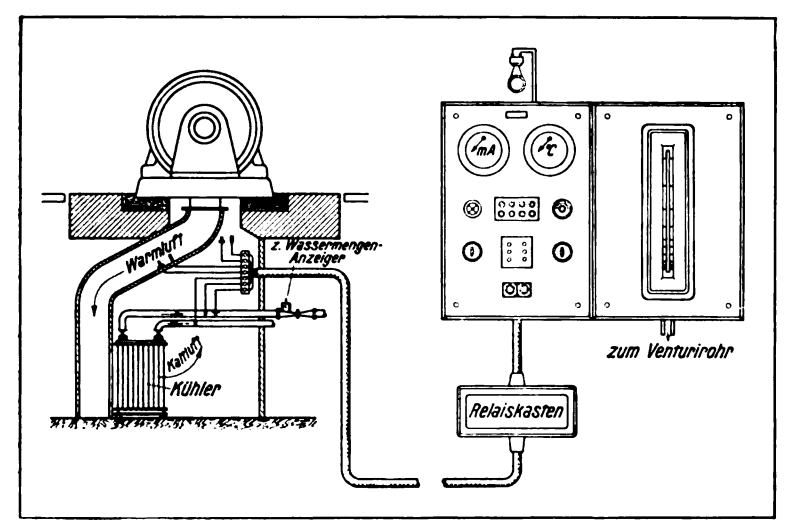


Bild 1. Schematische Übersicht über die Anordnung der Überwachungsanlage.

geführten Frischluft ab. Diese selbst wieder ist abhängig von der Temperatur der Abluft und damit von der Höhe der Belastung, ferner von der Höhe der Temperatur des Kühlwassers sowie von dem Wärmeaustausch, der zwischen der Abluft und den Kühlern stattfinden kann. Für den Wirkungsgrad des Kühlers ist die Menge des durchfließenden Wassers ein mittelbares Maß, nicht aber der Wasserdruck. Denn die Störungen können so liegen, daß der Wasserumlauf unterbunden, aber ein Wasserdruck vorhanden ist. Die Menge des durchfließenden Kühlwassers kann unfreiwillig verringert werden durch Verschlammung der Rohre oder freiwillig bei Unterlastung, doch darf sie auch hier ein gewisses Mindestmaß nicht unterschreiten. Danach sind wir über die Wirkung der Kreislaufkühlung auf den Generator unterrichtet, wenn wir messen: die Temperatur des zugeführten Frischwassers, die Menge des umlaufenden Wassers, die Temperatur des Abwassers, die Temperatur der Frischluft und die der Abluft. Da bei plötzlicher Störung in der Kreislaufkühlung sehr bald der Generator gefährdet ist, müssen gewisse Maximaltemperaturen der Frischluft, der Abluft und des Abwassers sowie das Unterschreiten einer Mindestmenge des umlaufenden Wassers selbsttätig angezeigt werden. Um diese Gefahrfälle möglichst zu vermeiden, ist neben dieser selbsttätigen Anzeige noch die laufende Überwachung des Zustandes der Kühlanlage durch anzeigende Meßgeräte erforderlich. Neuerdings bauen Siemens & Halske eine Überwachungseinrichtung für Kreislaufkühlungen, die diesen Anforderungen entspricht.

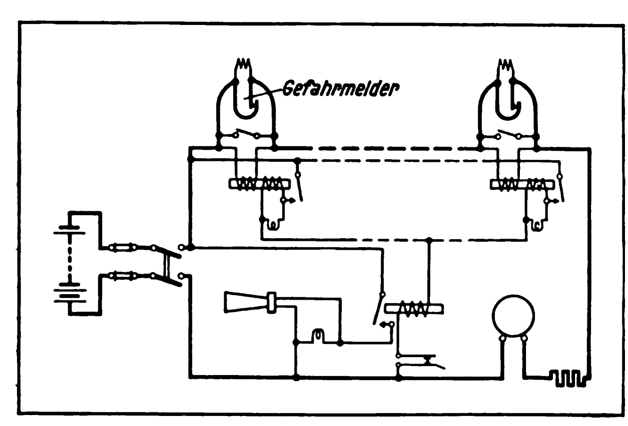


Bild 2. Schaltbild für die Gefahrmelder.

Für die selbsttätige Anzeige der Gefahrtemperaturen der Frisch- und Abluft sowie des Abwassers sind in den Frisch- und Abluftkanal sowie in die Abwasserrohrleitung sogenannte Gefahrmelder eingebaut, wie sie auch bei der selbsttätigen Anzeige gefährlicher Öltemperaturen in Transformatoren und Schaltern Verwendung finden. Die Schaltung ist aus Bild 2 zu ersehen. Die Gefahrmelder sind einfache Kontaktvorrichtungen, in denen sich mit der Temperatur die Krümmung eines Kontaktstreifens ändert. Beim Erreichen der von 5 zu 5 Grad einstellbaren Ansprechtemperatur öffnet sich der Kontakt, und verschiedene Relais für die optische und akustische Anzeige werden in Tätigkeit gesetzt. Auf der Anzeigetafel (Bild 3) ist jedem Gefahrmelder eine kleine Signallampe zugeordnet, die aufleuchtet, wenn der betreffende Gefahrmelder anspricht. Man kann also sofort die gefahrmeldende Stelle erkennen. Gleichzeitig mit dem Aufleuchten einer dieser für die einzelnen Meßstellen vorgesehenen Signallampen erscheint an einem Transparent das Wort „Gefahr". Neben dieser optischen Anzeige ertönt noch gleichzeitig eine Hupe, so daß dem Gefahrsignal nach Möglichkeit Beachtung gesichert ist. Für die Wasserumlaufkontrolle ist ein Mengenmesser in Verbindung mit einem Venturirohr vorgesehen. Aus der genauen Messung der Menge des umlaufenden Wassers ergeben sich zwei Vorteile. Einmal kann man, wie oben erwähnt, nur aus den

Durchflußmengen auf einen ordnungsgemäßen Wasserumlauf schließen und dann läßt sich durch eine Mengenmessung in Verbindung mit den Temperaturmessungen die Kühlwassermenge den jeweiligen Betriebsbedingungen anpassen, so daß oft erheblich an Kühlwasser gespart werden kann. Der mit dem Venturirohr verbundene Wassermengenanzeiger auf der Anzeigetafel ist mit Kontakten versehen, die beim Unterschreiten einer Mindestmenge ansprechen und den Alarm in der angegebenen Weise veranlassen.

Für die laufende Kontrolle der Kühlanlage kann man die umlaufende Wassermenge am Mengenanzeiger ablesen. Die laufenden Temperaturmessungen nimmt man mit Widerstandsthermometern vor, die in die Frisch- und Abluftkanäle sowie in die Kühlwasser-Zu- und -Abflußrohre eingebaut sind. Mit Hilfe eines Tastenumschalters werden dann die einzelnen Meßstellen nacheinander auf ein gemeinsames Anzeigegerät geschaltet. Solche Messungen, die periodisch vorgenommen und in ein Betriebstagebuch eingetragen werden und wegen der zentralen Übersicht über die ganze Anlage nur wenig Zeit erfordern, geben jederzeit ein klares Bild von dem Zustand der Anlage, insbesondere von dem Grad der Verschlammung der Rohre.

Sämtliche für die Anzeige- und Gefahrmeldung vorgesehenen Geräte sind bei der normalisierten Ausführung auf zwei Marmortafeln untergebracht. Auf der ersten liegen das Anzeigegerät für die Temperaturmessungen mit dem zugehörigen Tastenumschalter, einem Drehwiderstand zum Einregeln der Meßspannung, die Lampen und das Transparent für die Gefahrmeldung sowie ein Strommesser zur Überwachung des in der Gefahrmeldeanlage fließenden Ruhestroms. Die für die Gefahrmeldung erforderlichen Relais sind in einem besonderen Relaiskasten untergebracht. Auf der zweiten Marmortafel befindet sich der Wassermengenanzeiger mit den Gefahrkontakten. Die Gefahrmeldeanlage entnimmt ihren Ruhestrom einer Sammlerbatterie von 24 V Spannung, an die gleichzeitig die Widerstandsthermometeranlage angeschlossen wird.

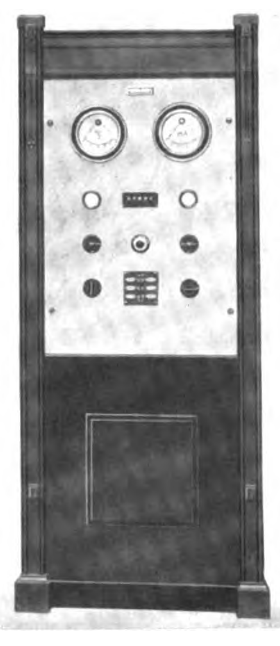


Bild 3. Anzeigetafel für die Gefahrmelder und Temperaturüberwachungsanlage.

Über den Einfluß der Belastungsschwankungen auf den Wirkungsgrad von Dampfturbinenanlagen

Von Oberingenieur Dr. Melan, Abteilung Zentralen der SSW.

Die Berechnung der Turbinen für Betriebe mit schwankendem Kraft- und Heizdampfbedarf erfolgt gewöhnlich auf Grund einer „mittleren" Belastung und einer „mittleren" Heizdampfmenge, wobei die Forderung erhoben wird, daß diesen Werten der beste erreichbare Turbinenwirkungsgrad entspricht. In der folgenden Abhandlung wird dargelegt, daß diese Rechnungsannahme streng nur für Turbinen gilt, die lineare und stetige Abhängigkeit der Leistung von der Dampfmenge aufweisen (Charakteristik). Bei Turbinen mit Überlasteinrichtung und Zusatzdampfmengen dagegen ist die obengenannte „mittlere" Belastung und „mittlere" Heizdampfmenge zu berichtigen. Es wird eine Untersuchung für die reine „Kraftwerks- (Kondensations-) Turbine" und für die „Industrie"- (Entnahme-) Turbine durchgeführt.

Die Belastungskurve einer Frischdampf - Kondensationsturbine sei in Bild 1 für den Zeitabschnitt T aufgetragen. Sie stellt die an das Netz abzugebende Leistung dar, so daß in einem bestimmten Zeitpunkt

$$T_x \text{ oder } \tau_x = \frac{T_x}{T}$$

die Belastung N_x beträgt.

Bild 1. Belastungskurve (Kraftwerk).

In jeder Last N_x benötigt die Turbine eine gewisse Dampfmenge G_x kg/h, so daß bei an-

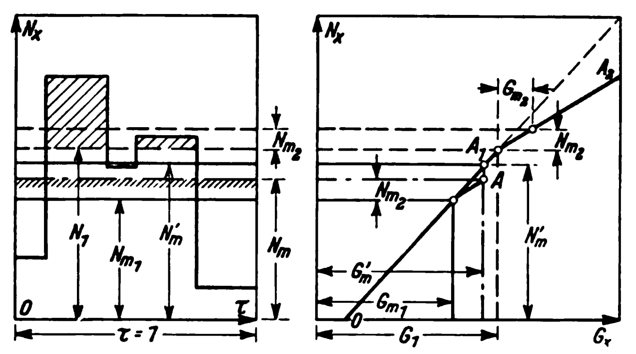


Bild 2. Belastungsdiagramm und Turbinencharakteristik.

genommenen Dampfverhältnissen die im wesentlichen nur durch die Konstruktion der Turbine beeinflußte Beziehung

$$(1) \qquad G_x = f(N_x)$$

besteht. Die gesamte während der Zeitspanne $\tau = 1$ aufzuwendende Dampfmenge wird daher für eine beliebige aus einer Reihe herausgegriffene Turbine sein:

$$(2) \qquad G_m = \int_0^1 G_x \, d\tau = \int_0^1 f(N_x) \, d\tau.$$

Es wird offenbar derjenigen Konstruktion der Vorzug gegeben werden müssen, für die der Ausdruck der Gesamtdampfmenge G_m ein Minimum wird. Dabei bedeutet G_m die mittlere Dampfmenge während des Zeitintervalls $\tau = 1$.

Liegt also eine Reihe von (i) Turbinenkonstruktionen vor, für die Gl. (1) bekannt ist, so kann man auch (i) G_m-Werte ermitteln. Die Turbine mit dem kleinsten G_m-Wert ist dann vorzuschlagen.

In vielen Fällen ist G als lineare stetige Funktion von N_x darzustellen. Insbesondere bei Turbinen, die keine oder keine wesentliche Überlastungseinrichtung haben, wird sich G_x nach dem Gesetz (Turbinencharakteristik)

$$(1a) \qquad G_x = \alpha \, N_x + \beta$$

für eine Turbine entwickeln lassen. α und β sind hierbei konstante Größen. Es ist also

$$(1b) \qquad G_m = \int_0^1 (\alpha \, N_x + \beta) \, d\tau = \alpha \int_0^1 N_x \, d\tau + \beta$$

oder mit einer mittleren Leistung N_m

$$(1c) \qquad G_m = \alpha \, N_m + \beta.$$

Bei geradlinigen Turbinencharakteristiken läuft die Bestimmung der günstigsten Turbine darauf hinaus, daß die für eine mittlere Leistung des Zeitabschnittes $\tau = 1$ (Diagramm-Mittelbelastung) nötigen mittleren Dampfmengen verglichen werden. An Stelle der Stundendampfmenge kann auch der spezifische Dampfverbrauch D_m treten, der sich aus (1c) ergibt zu

$$(3) \qquad D_m = \frac{G_m}{N_m} = \alpha + \frac{\beta}{N_m}.$$

Bei Turbinen mit wesentlicher Überlastungseinrichtung gilt das oben erwähnte Gesetz nur für bestimmte Leistungsabschnitte. Das Diagramm einer solchen Turbine wird dann etwa die Form nach Bild 2 haben. Bei der Leistung N_1 wird ein Knick auftreten. Für jeden geraden Teilverlauf der Charakteristik (von O bis A_1 und von A_1 bis A_2) wird ein $G_{m\,1,2}'$- und $N_{m\,1,2}'$-Wert gebildet werden können, wobei die Summe der G_m'-Werte den Mittelwert G_m' ergibt, dem ein ideeller Leistungswert N_m' zugeordnet ist.

Es folgt aus Bild 2, daß in diesem Fall der Vergleich nicht bei der mittleren Diagrammleistung N_m durchzuführen ist, sondern bei einer etwas größeren Mittelleistung N_m', deren graphische Konstruktion aus Bild 2 ohne weiteres entnommen werden kann. Auch hier ist wieder diejenige Turbine die günstigste, die das kleinste G_m' hat.

Aus Bild 2 folgt aber, daß der beste Wirkungsgrad zur Belastung N_m' zugeordnet werden muß, um die günstigsten Verhältnisse zu erzielen. Da der Punkt A der Turbine diesen günstigsten Effekt aufweist, muß die Überlastungseinrichtung so gewählt werden, daß Punkt A_1 und A' zusammenfallen. Die sich bei dieser Aufteilung ergebende günstigste Mittellast sei mit N_m^x bezeichnet und es sei

$$(4) \qquad N_m^x = \mu \, N_m$$

Ähnlich wie früher wird durch die Last N_m^x das Diagramm in 2 Teile geteilt, von denen der untere Teil eine mittlere Belastung von N_{m1}^x und der über der Teillinie N_m^x befindliche Teil die Belastung N_{m2}^x als Mittellast über die Zeitspanne $\tau = 1$ aufweisen soll. Es ist immer

$$(5) \qquad N_m = N_{m1}^x + N_{m2}^x.$$

Die Bedingung der oben genannten Aufteilung lautet mit den Bezeichnungen von Bild 3

$$G^x_m - G^x_{m1} = G^x_{m2} = \alpha_1 (N^x_m - N^x_{m1}) = \alpha_2 N^x_{m2},$$

aus welcher Gl. sich für μ ergibt

(6a) $\mu = 1 + (1 - V^x_1) \left(\frac{\alpha_2}{\alpha_1} - 1 \right)$ oder

(6b) $\mu = 1 + V^x_2 \left(\frac{\alpha_2}{\alpha_1} - 1 \right),$

wenn α_1, α_2 die Neigungen der Turbinen-Kennlinien und

$$V^x_1 = \frac{N^x_{m1}}{N_m}, \quad V^x_2 = \frac{N^x_{m2}}{N_m}$$

bezeichnen. In Bild 3a ist für das Belastungsdiagramm 3 über $\mu = \frac{N^x_m}{N_m}$ die Kurve der V^x_1 gezeichnet.

Für den Belastungsfall 3 soll nun eine Reihe von Turbinen zur Verfügung stehen, die verglichen werden sollen.

a) Die Grundturbine habe gerade Charakteristik, etwa nach der Gl.

$$G_a = \alpha' \ (N + N_o)$$

mit N_o als Leerlaufverlust.

Für sie ergibt nach früherem die wahre mittlere Diagrammbelastung die Dampfmenge

(7) $G_m = \alpha' (N_m + N_o) = \alpha' N_m (1 + V_o).$

b) Die anderen Turbinen seien mit Überlasteinrichtung versehen, derart, daß die günstigste Last mit dem der maximalen Belastung der Turbine a zugeordneten höchsten Wirkungsgrad abgegeben wird. Es müssen also die Punkte A_1 .. auf einer Geraden liegen, die durch den Ursprung O und durch die max. Last der Turbine a geht.

Zur Vereinfachung sei angenommen, daß die Verhältnisse der Leerlaufarbeiten zur mittleren Belastung N_m bzw. N^x_m konstant für alle Turbinen seien.

Eine Turbine der 2. Reihe wird daher im Bereich $O - N^x_m$ nach Gl.

$$G_1 = \alpha_1 (N_1 + N_o')$$

von N^x_m bis N max. nach $G_2 = \alpha_2 (N_2)$ zu berechnen sein. Für diese beiden Äste der Charakteristik ergeben sich mittlere Dampfmengen G^x_{m1} und G^x_{m2}, deren Summe $= G^x_m$ der scheinbaren Mittelbelastung N^x_m zugeordnet ist.

Eine Ersparnis an Dampfmenge ergäbe sich, wenn

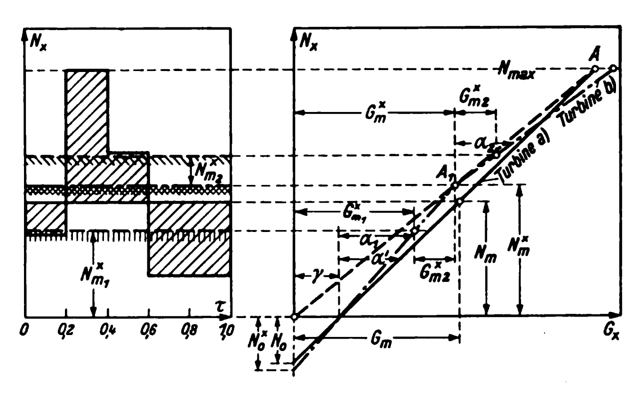


Bild 3. Bestimmung der günstigsten Turbine aus dem Belastungsdiagramm (Kraftwerk).

(8) $E = \frac{G_m - G^x_m}{G_m} > O$

oder mit den Größen von Bild 3a

(8a) $E = 1 - \frac{\gamma \ \mu}{\alpha' (1 + V_o)} = 1 - k \mu$, mit μ nach Gl. 6.

Der Grenzfall ist offenbar erreicht, wenn

(9) $\mu' = \frac{\alpha'}{\gamma} (V_o + 1) = \frac{1}{k}.$

Da k bekannt ist, kann dieser Grenzwert μ' aus Bild 3 sofort ermittelt werden. Es folgt auch $V^{x\prime}_1$ und $V^{x\prime}_2$, so daß die Bedingung für positive E besteht

(10) $\frac{\alpha_2}{\alpha_1} < \frac{\mu' - 1}{V_2^{x\prime}} + 1,$

hieraus läßt sich der für den Überlastfall noch zulässige Mindestwirkungsgrad leicht ableiten, da $\alpha_{2\,max}$ durch obige Gl. gegeben ist.

Da der Ausdruck μ in V^x_1 oder V^x_2 geradlinig ist, so kann obige Folgerung auch dadurch formuliert werden, daß gefordert werden muß für positive E, daß der Schnittpunkt der μ-Geraden mit der V^x_1-Kurve stets links vom Grenzpunkt μ' in Bild 3a liegen muß.

Mit Bestimmung von α_2 max. sind sämtliche Daten der Turbine der Reihe b gegeben.

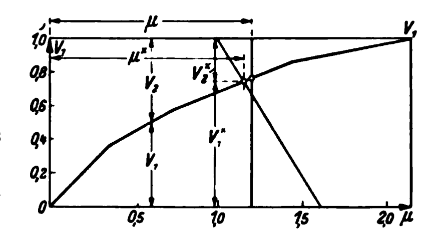


Bild 3a. Grenzfall der Ersparnis.

Bei den sogenannten Gegendruckturbinen ist an Stelle der früher erwähnten Leistungskurve eine Dampfschwankungskurve gegeben (Bild 4); es liegen

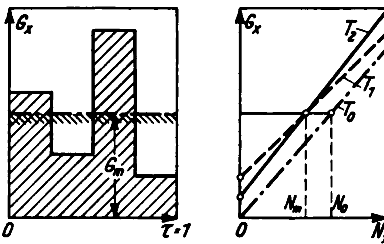


Bild 4. Dampfdiagramm (Heizwerk, Turbinen mit gerader Kennlinie).

somit ähnliche Verhältnisse vor, wie im Fall der Kondensationsturbinen. Die Aufgabe lautet nun dahin, aus einer über ein Zeitintervall $\tau = 1$ schwankend anfallenden Dampfmenge die größtmögliche Leistung zu erzielen. In Bild 4 ist über τ die Veränderung von G aufgetragen. Die gesamte Dampfmenge ist nach Gl. (2) wieder

$$G_m = \int^1 G_x \, d\tau,$$

welche Beziehung mit der Gl. (1) zum Ergebnis führt, daß bei geraden Turbinencharakteristiken die aus der Dampfmenge G_m erzielbaren Leistungen verglichen werden. Für zwei Turbinen, T_1 und T_2, mit verschiedenen Gesetzen ist dies in Bild 4 dargestellt. Bei Turbinen mit gebrochenen Charakteristiken ist sinngemäß Bild 2 anzuwenden (Bild 5).

Bei der oben beschriebenen Kraftanlage wird die Wirtschaftlichkeit der Turbine zwar nach den mittleren Belastungswerten G_m^x, N_m^x allein beurteilt werden können, jedoch wird der Gesamtwirtschaftlichkeitsgrad der ganzen Anlage, also Kessel und Turbine, wesentlich von den Belastungsschwankungen beeinflußt werden. Die Kesselanlage muß nach den höchsten Leistungsspitzen bemessen werden, so daß bei den mittleren Betriebszuständen wesentlich ungünstigere Verhältnisse im Kessel vorliegen. Es ist daher

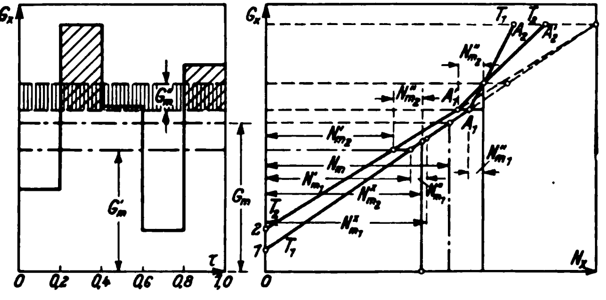


Bild 5. Dampfdiagramm (Heizwerk, Turbinen mit gebrochener Kennlinie).

eine möglichst konstante Belastung der Kessel im Abschnitt τ erwünscht, um eine nicht zu große Einbuße an Wirkungsgrad zu erleiden.

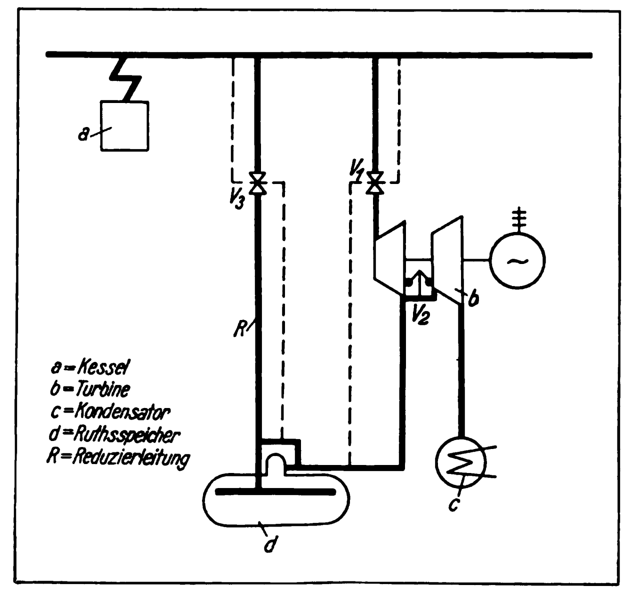


Bild 6. Kraftanlage mit Ruths-Speicher.

Durch Einfügung eines Speichers ist es möglich, eine in gewissen Zeitabständen $\tau = 1$ konstante Dampfmenge trotz Schwankungen in der Belastung zu entnehmen. Die Kesselanlage wird im Wirkungsgrad besser, aber auch billiger, da sie jetzt nur mehr für die mittlere Dampfmenge G_m^x zu erstellen ist[1]).

In Bild 6 ist ein solcher Kraftausgleich mittels Speicher angedeutet. Als Nachteil ergibt sich ein etwas komplizierterer Aufbau der Turbine, die jetzt die Bezeichnung Speicherturbine führt. Durch die Forderungen des Speicherbetriebes sind Einrichtungen an der Turbine notwendig, deren Einfluß auf den Wirkungsgrad im folgenden untersucht werden soll.

Denken wir uns den Speicher unendlich groß, so wird eine Abgabe von Dampf an den Speicher und eine Entnahme ohne Druckänderung erfolgen. Die Turbine erhält in ihrem HD-Teil von einer bestimmten Belastung an eine konstante Dampfmenge, deren Übertritt in den ND-Teil durch die Steuerung V_2 geregelt wird, während V_1 den Druck in der HD-Leistung konstant hält[2]).

Die Steuerung in V_2 kann nun als Drosselregelung oder Füllungsregelung ausgebildet sein. Man ersieht aber schon aus dem IS-Diagramm in Bild 7 und 8, daß Füllungsregelung angestrebt

[1]) S. a. Gleichmann: Der Wärmespeicher von Ruths, Glückauf Nr. 44/45, 1922.

[2]) S. a. Münzinger: Ruths-Wärmespeicher in Kraftwerken.

werden muß, will man nicht den oben erwähnten Vorteil des konstanten hohen Kesselwirkungsgrades wieder durch schlechteren Teilwirkungsgrad der Turbine einbüßen.

Die Füllungsregelung arbeitet in der Weise, daß die Dampfmenge des Hochdruckteiles auf einen gewissen Enddruck $p_2 = p_s$ expandiert. Der Eintritt in den ND-Teil ist mit zu- und abschaltbaren Düsengruppen versehen, derart, daß bei einem Belastungszustand $N_x > N_m$ Düsen zu- und bei $N_x < N_m$ Düsen abgeschaltet werden (Bild 7). Der erste Extremfall ist erreicht, wenn die Netzbelastung den Leistungswert des HD-Teiles N_1 erreicht. Sinkt die Belastung noch weiter, dann schließt V_1 bei abgeschaltetem ND-Teil so weit, daß die gewünschte Belastung erzielt wird; die überschüssige Dampfmenge strömt durch die Reduzierleitung R in den Speicher. Bei Belastungen $N_x > N_m$ ist zu beachten, daß der Zustand des aus dem Speicher zur Turbine strömenden Dampfes trocken gesättigt ist, also ein gewisser Mischzustand M sich einstellen wird, von dem dann nach dem 1. ND-Rad die Expansion aus erfolgt (nach A_2'').

Aus dem Vorhergesagten geht hervor, daß bei Speicherkapazität $= \infty$ und reiner Füllungsregelung im ND-Teil der Hochdruckteil, solange $N_x > N_1$ ist, mit konstantem Wirkungsgrad arbeitet, daß aber der ND-Teil so einzurichten ist, daß er für eine Mittelbelastung N_m^x, also auch für die Dampfmenge G_m^x die besten Werte ergibt. Denn bei einem Dampfzufluß aus dem Speicher werden sich die Drücke nach dem ersten Niederdruckrad erhöhen, mithin größere Radreibung verursachen, aber auch infolge der verschobenen u/c-Verhältnisse Wirkungsgradänderungen eintreten müssen (A_2). Bei Entlastung werden zwar die erstgenannten Verluste abnehmen in dem Grade, wie die Entlastung wächst, aber Undichtheitsverluste und die Änderung des u/c werden eine Senkung des Wirkungsgrades bewirken. Rein theoretisch betrachtet, wird also bei Speicherkapazität $= \infty$ und abgesehen von den kleinen Druckverlusten, die bei Einführung des Überschußdampfes in das Wasser des Speichers entstehen, die ideale Speicherturbine mit der zuerst beschriebenen normalen Turbine nur insofern eine Verschiedenheit im Wirkungsgrad aufweisen können, als der Hochdruckteil zwischen max. Last (N_{max}) und N_1 mit konstantem Wirkungsgrad arbeitet.

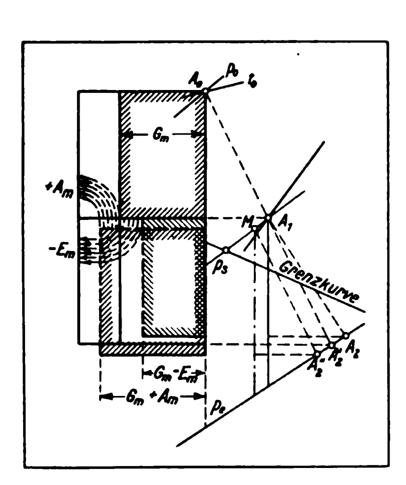


Bild 7. Speicherturbine. Füllung im ND-Teil. (J–S-Diagramm).

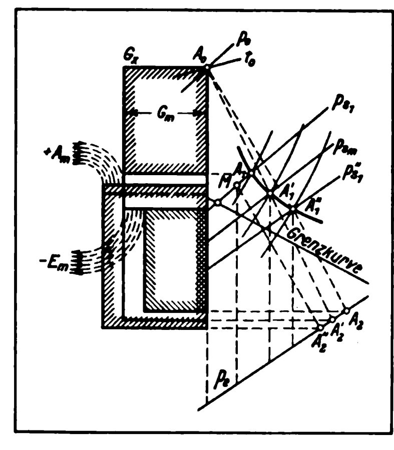


Bild 8. Speicherturbine. ND-Teil m t Reglung außerhalb der Turbine.

Hatte eine Normalturbine die bekannte Kennlinie

$$G = \alpha (N + N_0),$$

so wird jetzt

$$G_m = \text{konst.}$$

Der Hochdruckteil habe das Gesetz

$$(11) \qquad G_H = \alpha_H (N_H + N_{0H}),$$

wobei N_H die Hochdruckteilleistung ausschließlich des hierfür entfallenden Leerlaufbetrages ist. Ferner sei

$$(12) \quad G_N = \alpha_N (N_N + N_{0N})$$

das ND-Gesetz.

Bei einer mittleren Belastung N_m^x, die aber nicht mit der wahren mittleren Netzbelastung N_m zusammenzufallen braucht, wird der Kesseldampf G_m^x im HD- und ND-Teil verarbeitet. Es wirkt die Turbine für alle Lasten $N_x < N_m^x$ als Entnahmeturbine, für die Lasten $N_x > N_m^x$ als

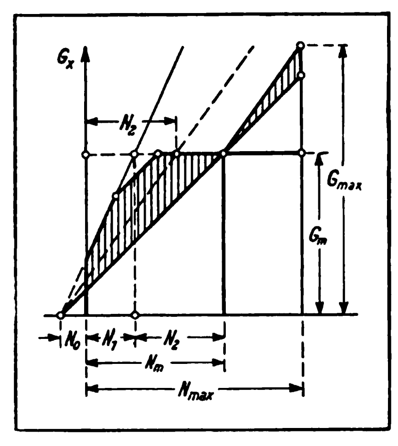


Bild 9. Charakteristik einer idealen Speicherturbine.

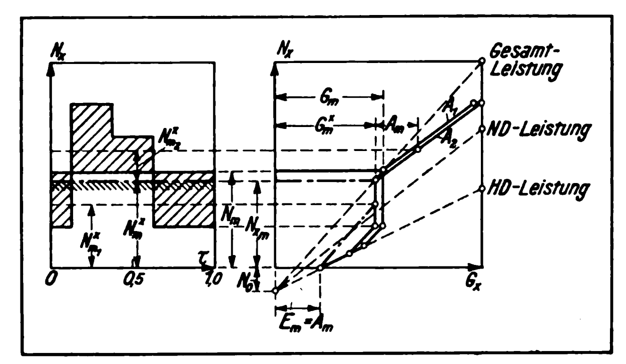


Bild 10. Belastungsdiagramm einer Speicherturbine (Kraftwerk).

Zweidruckturbine. Vorausgesetzt ist dabei, daß die kleinste Netzbelastung größer als die aus G_m^x zu erzielende HD-Leistung sei.

Es ergibt sich daher das in Bild 9 dargestellte Diagramm einer solchen Turbine, für die auch in Bild 10 die mittlere Belastung N_m^x konstruiert wurde. N_m^x ist aus Vorgenanntem so ermittelt, daß die Zudampfmengen A_m, welche zur Erzielung der Leistungen über N_m^x nötig werden, gleich (im Zeitraum $= \tau$) denen werden, die bei allen Belastungen unter N_m^x in den Speicher gehen (E_m). Man ersieht aus dem Diagramm, daß es nicht angängig ist, die mittlere Netzbelastung zugrunde zu legen, sondern Gleichheit der Dampfmengen wird mit dieser Turbine bei einer geringeren mittleren Belastung N_m^x erreicht. Die Kesselanlage ist daher für

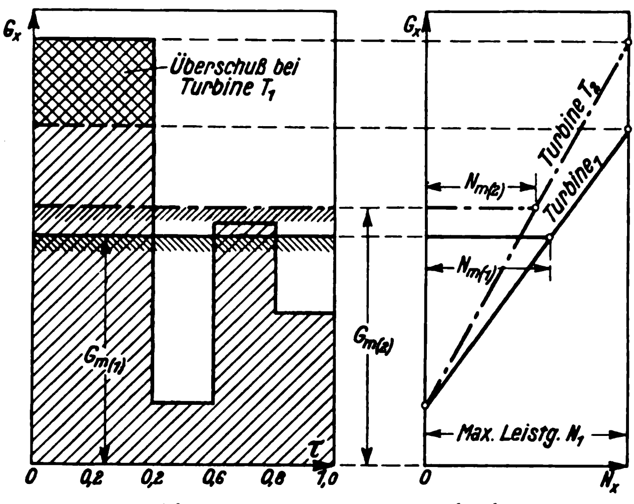


Bild 11. Begrenzte Leistungsabgabe.

G_m^x zu bauen, worin, da $G_m^x < G_m$ ist, ein weiterer wirtschaftlicher Vorteil des Speicherbetriebes erblickt werden kann.

In manchen Fällen ist es nicht möglich, beliebig hohe aus der Dampfmenge sich ergebende Leistungen abzunehmen. Es sei die Leistungsaufnahme beschränkt, und zwar soll die Spitzenleistung entsprechend der größten anfallenden Dampfmenge N_1 nicht überschreiten. Eine unter diesem Wert bleibende Leistung ist jederzeit abnehmbar. Es zeigt sich nun aus dem Diagramm Bild 11, daß es nicht immer wirtschaftlicher ist, mit einer billigeren Turbine (T_2) zu arbeiten, die bei der Dampfspitze die zulässige Höchstleistung N_1 erreicht, an Stelle einer Hocheffektturbine (T_1), die die mittlere Dampfmenge G_{m1} benötigt, aber bei der zulässigen Höchstbelastung nur einen Teil des Dampfes hierzu braucht, so daß die Restdampfmenge um die Turbine herumgeleitet werden muß. Aus Bild 11 folgt, daß Turbine T_1 eine größere Mittelleistung N_{m1} abgibt als Turbine T_2.

Kondensations- und Gegendruckbetrieb in der oben skizzierten Form stellen die einfachsten Fälle dar. Die Turbinen arbeiten in einem größeren oder kleineren Druckbereich $p_1 - p_2$, so daß nur ein Druckverhältnis $\frac{p_2}{p_1}$ maßgebend ist.

Etwas anders liegen die Verhältnisse bei den Turbinen mit zweistufiger Expansion.

Zu diesen Turbinen gehören die Entnahme-Kondensations- und die Entnahme-Gegendruck-Turbinen („Industrieturbinen"). Beiden Arten ist gemeinsam, daß die Expansion an einer Stelle unterbrochen ist und daß bei einem bestimmten Druck eine gewisse Dampfmenge entzogen wird. Die Expansion erfolgt daher in 2 Abschnitten mit verschiedenen Dampfmengen. Im Hochdruckteil soll die HD-Dampfmenge G_H, im Niederdruckteil die ND-Menge G_N arbeiten. Es ist dann die entnommene Menge $E = G_H - G_N$. Dementsprechend entwickelt der HD-Teil eine Leistung N_H, während im ND-Teil diese N_n beträgt. Es ist nun am einfachsten, die Abhängigkeit dieser beiden Leistungen von der zugehörigen Dampfmenge darzustellen. Es folgt dann aus diesen Darstellungen zwangläufig die bekanntere Form des Diagrammes nach Bild 12, welche die Gesamtdampf- (also HD-) menge über der Gesamtleistung darstellt.

Die Turbinen dieser Gruppe sind die in der Industrie am häufigsten auftretenden Arten. Denn es wird sich in den selteneren Fällen die

aus der Dampfmenge erzielbare Leistung gerade dem jeweiligen Bedarf anpassen. Wenn auch durch Speicherung in vielen Fällen ein Ausgleich gefunden werden kann, so kann es doch vorkommen, daß zu den Zeiten des Tages, an denen große Fabrikationsdampfmengen gebraucht werden, geringe Leistungen, und umgekehrt, dann derart hohe Leistungen auftreten, daß diese durch die Fabrikationsdampfmenge selbst im Ausgleichswege nicht mehr gewonnen werden können.

1. Der einfachste Fall in dieser Gruppe ist offenbar der, daß ein Fabrikationsdampfdiagramm über einen gewissen Zeitabschnitt $\tau = 1$ vorliegt und über diesen Zeitabschnitt eine konstante Leistung gefordert wird (Bild 12).

Man könnte sich zunächst denken, daß sämtliche Schwankungen durch einen unendlich großen Ruths-Speicher, dessen Druckänderung gleich Null ist, vollkommen ausgeglichen würden. Dann hätte dauernd ein gewisser mittlerer Entnahmestrom aus der Turbine zu fließen, derart, daß bei größerem Dampfbedarf Speicherdampf zugesetzt wird, bei kleinerem dagegen Entnahmedampf in den Speicher tritt. Es ergibt sich daher eine Mittelentnahmemenge E_m. Ist die Leistung gerade so groß, daß der Verbrauch E_m beträgt, so würde reiner Gegendruckbetrieb eintreten. Die Turbine erhielte ihren konstanten Strom, unterliegt also keinen Schwankungen. Teildampfverbrauche sind daher unwichtig. Ist die Leistung größer, so tritt die Entnahmeturbine an die Stelle. Letztere müßte aber auch dann gewählt werden, wenn kein Schwankungsausgleich vorgesehen ist. Es ist dann für einen beliebigen Zeitpunkt die Dampfmenge

(13) $$G_x = E_x + K_x$$

und die Leistung N_x derart, daß bei der Entnahmeturbine die Beziehung besteht

(14) $$G_x = E_x\left(1 - \frac{\gamma}{\alpha}\right) + \gamma N_x + \left(\frac{\beta\gamma}{\alpha}\right).$$

Die Gesamtdampfmenge ist daher im Mittel

(15) $$G_m = \int_0^1 G_x \, d\tau = E_m\left(1 - \frac{\gamma}{\alpha}\right) + \gamma N_m + \left(\frac{\beta\gamma}{\alpha}\right).$$

Die Turbine ist daher die beste, welche das kleinste G_m bei geraden Turbinenkennlinien aufweist. Die Leistung N_x setzt sich im allgemeinen Fall aus 2 Leistungen zusammen: dem Teil $N_E = \frac{E_x - \beta}{\alpha}$, dem Leistungswert, bestimmt durch

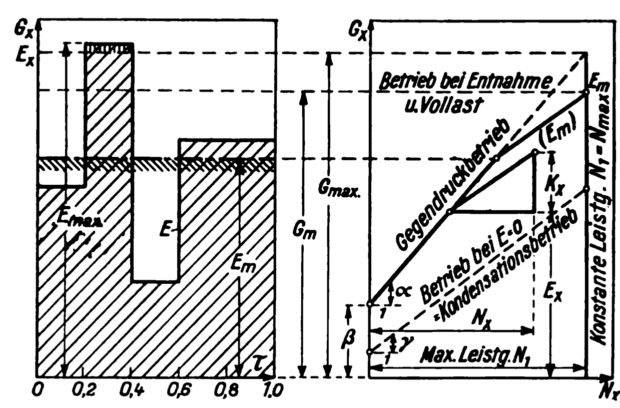


Bild 12. Diagramm einer Entnahme- (Industrie-) Turbine.

die Entnahmemenge E und dem Teil $N_k = \frac{G_x - E_x}{\gamma}$, also jener Leistung, die durch die Kondensatmenge $G_x - E_x$ erzielt wird. Bei einer gegebenen Leistung $N_m = N_1$ ist die maximale Schluckfähigkeit gleich $G_{max} = \alpha N_m + \beta$, d. h. die Leistung wird in reinem Gegendruckbetrieb erzielt. Weist das Dampfdiagramm somit Entnahmemengen

$$E_{max} > G_{max}$$

auf, so müssen diese Spitzendampfmengen, also der Betrag $E_{max} - G_{max}$, um die Turbine umgeleitet werden. Bleibt der Mittelwert E_m immer unter der zur Erzielung der Leistung N_m nötigen Dampfmenge G_m, so ist es empfehlenswert, Turbinen mit hohem Hochdruckwirkungsgrad zu verwenden, um zum besten Ergebnis zu kommen.

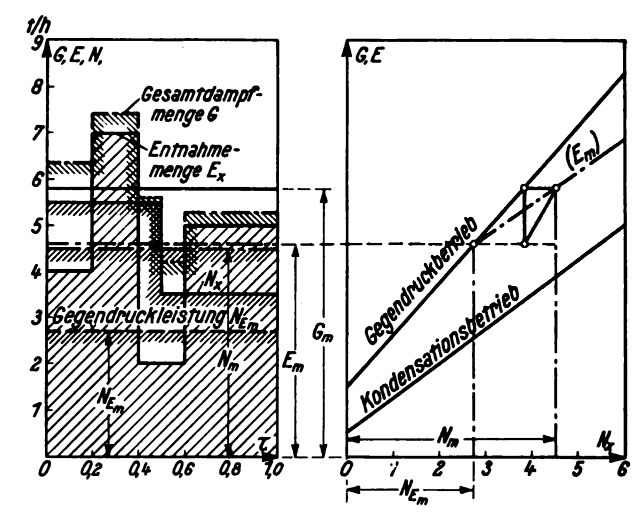


Bild 13. Entnahme- (Industrie-) Turbine mit gerader Kennlinie (Heiz- und Kraftwerk).

Ist aber das Mittel E_m über dem vorerwähnten Wert gelegen, dann müßte dauernd Dampf umgeleitet werden. Dann wird stets die Turbine

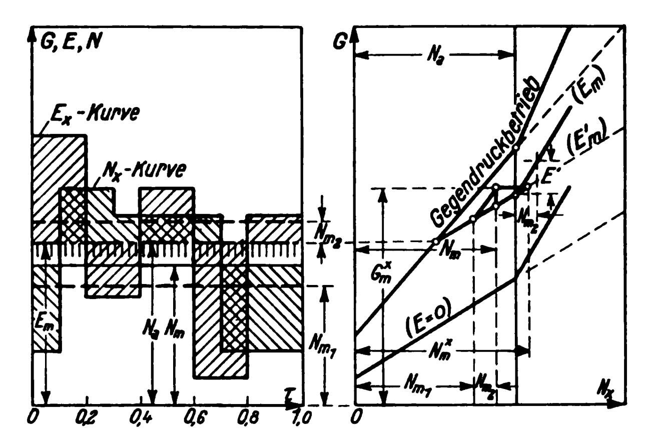


Bild 14. Entnahme- (Industrie-) Turbine mit gebrochener Kennlinie (Heiz- und Kraftwerk).

am billigsten und praktischsten sein, die dieses Mittel im Gegendruck noch verarbeitet und die geforderte konstante Last N_m erzielen läßt.

2. Außer den oben erwähnten Dampfschwankungen soll nun, in einem bestimmten Zeitintervall τ betrachtet, auch die Leistung um einen Mittelwert N_m sich verändern (Bild 13). Für einen bestimmten Augenblick wird dann das Gesamtdampfgewicht, das aus dem Kessel in die Turbine strömt, wieder wie folgt gegeben sein durch

$$(14) \quad G_x = E_x\left(1 - \frac{\gamma}{\alpha}\right) + \gamma N_x + \left(\frac{\beta\gamma}{\alpha}\right)$$

und die Gesamtdampfmenge im ganzen Abschnitt

$$(15a) \quad G_m = \int_0^1 G_x\, d\tau = E_m\left(1 - \frac{\gamma}{\alpha}\right) + \gamma\int_0^1 N_x\, d\tau + \left(\frac{\beta\gamma}{\alpha}\right) = E_m\left(1 - \frac{\gamma}{\alpha}\right) + \gamma N_m + \left(\frac{\beta\gamma}{\alpha}\right).$$

Die Aufgabe des Speichers ist, die von dem Kessel abströmende Dampfmenge möglichst in einem bestimmten Zeitabschnitt $\tau = 1$ konstant zu halten. Es wird also sich ergeben

$$G_m = \text{konstant (über } \tau),$$

d. h. $G_m = G_x'$ und

$$(16) \quad G_m = E_x'\left(1 - \frac{\gamma}{\alpha}\right) + \gamma N_x + \frac{\gamma\beta}{\alpha}.$$

Die Entnahme E'_x wird sich daher so ändern, daß bei jedem N_x G_m konst. wird. Bildet man die Summe, so erhält man

$$(17) \quad \int_0^1 E'_x\, d\tau = E'_m = E_m,$$

d. h. bei Speicherausgleich kommt für die Beurteilung des Turbineneffekts bei geraden Kennlinien die mittlere Entnahme E_m und eine mittlere Leistung N_m in Betracht, die ohne weiteres aus dem Diagramm abgeleitet werden können. Es wird dann unter einer Schar von möglichen Turbinenkonstruktionen diejenige die beste sein, die bei E_m und N_m den kleinsten Wert von G_m aufweist.

Bei Turbinen mit Überlastungseinrichtung entsteht als Kennlinie eine gebrochene Gerade (Bild 14). Es sei mit E_x die für die Fabrikation während der Zeitperiode $\tau = 1$ nötige Dampfmenge bezeichnet, während N_x die jeweils geforderte Leistung des Betriebes darstellt. Bei geradlinigen Turbinencharakteristiken, wie sie in Bild 14 gestrichelt angedeutet sind, würde als Vergleichsgrundlage gemäß früher Gesagtem die Mittelwerte E_m und N_m zu benutzen sein. Infolge des gebrochenen Verlaufes der Kurven aber wird die über eine gewisse Grundlast N_a liegende Leistung $(N_x - N_a)$ mit ungünstigerem Wirkungsgrad erzeugt werden. Daher ergibt die Konstruktion bei dem Leistungsmittel N_m, das sich aus den Mitteln N_{m1} und N_{m2} zusammensetzt, eine größere Dampfmenge G_m^x, die in dem Turbinendiagramm auf der Schaulinie der Entnahme E_m eine größere Leistung N_m^x entsprechen würde. Beim Vergleich verschiedener Turbinen ist daher diese Leistung bzw. die Dampfmenge G_m^x zu konstruieren und der Turbine der Vorzug zu geben, bei welcher der Wert G_m^x am kleinsten ist.

KLEINE MITTEILUNGEN

Schwachstromanlagen in einer Wiener Großbank.

Nach Angaben des Wiener Werkes mitgeteilt von der Literarischen Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Welchen Wert nach neuzeitlichen Grundsätzen geleitete Banken den elektrischen Schwachstromanlagen beimessen, dafür sind ein neuer Beweis die kürzlich für die Österreichische Nationalbank in Wien von Siemens & Halske gelieferten umfangreichen Einrichtungen. Ihre wichtigsten Aufgaben sind, die Abwicklung des gerade im Bankgeschäft so unentbehrlichen und so überaus lebhaften Fernsprechverkehrs innerhalb des eigenen Betriebes und nach außen

hin so viel wie nur möglich zu beschleunigen und zu erleichtern, und dann, das Eigentum der Bank wirksam gegen Schäden zu schützen, die ihm noch mehr als in anderen Betrieben durch Feuer, durch Einbruchdiebstahl und Raubüberfall drohen. Außerdem liegt es im eigenen Interesse der Bank, überall im Geschäftsgebäude für genaue und übereinstimmende Zeitangaben und für angemessene Raumtemperaturen zu sorgen, jedes Zuwenig, aber auch jedes Zuviel in dieser letzten Beziehung zu vermeiden.

Die Fernsprechanlage für den inneren Verkehr im großen Prachtbau der Österreichischen Nationalbank ist nach dem Siemens-Selbstanschlußsystem eingerichtet und umfaßt 300 Sprechstellen. Der Wählerraum mit den Zentraleinrichtungen ist in Bild 1 dargestellt. Zu bemerken ist, daß in Österreich bislang noch Bedenken gegen die Verwendung von Selbstanschluß-Fernsprechanlagen bei Banken bestanden haben — Bedenken, die mit den betriebstechnischen Besonderheiten des Bankfernsprechverkehrs im eigenen Betrieb und nach außen hin begründet wurden. Die neue Anlage der Österreichischen Nationalbank hat aber durchaus die mit dem Selbstanschlußsystem von deutschen Banken bereits seit Jahren gemachten guten Erfahrungen vollauf bestätigt und erneut gezeigt, daß das System vermöge seiner großen Anpassungsfähigkeit den verschiedensten Betriebsverhältnissen zu entsprechen vermag. Seine Vorteile — vor allem die beträchtlichen Zeitersparnisse sowohl beim Herstellen wie beim Trennen der Verbindungen, der Wegfall von Mißverständnissen beim Nummernzurufen und daraus entstehenden Falschverbindungen und die jederzeitige volle Betriebsbereitschaft — machen sich gerade bei Banken geltend, wo es auf allergrößte Schnelligkeit des sich vorwiegend durch den Fernsprecher abwickelnden Verkehrs noch mehr als anderswo ankommt.

Ergänzt wird die Haus-Fernsprechanlage bei der Österreichischen Nationalbank durch eine 25teilige Kleinautomatenanlage, die für den Verkehr der Direktoren bestimmt ist. Die zugehörige Zentraleinrichtung ist in Bild 1 gleichfalls zu erkennen.

Für den Außenverkehr über das staatliche Fernsprechnetz ist eine Nebenstellenanlage mit 140 kombinierten Sprechstellen für Haus- und Postverkehr vorgesehen. Insgesamt stehen diesen Sprechstellen 28 Amtsleitungen, 2 Interurbanleitungen und 12 direkte Leitungen für den Verkehr mit der Börse und den anderen Wiener Großbanken zur Verfügung. Die Verbindungen im Nebenstellenverkehr werden in beiden Richtungen von Hand hergestellt, da die Gepflogenheit besteht, die abgehenden Gespräche durch Beamtinnen vermitteln zu lassen; ein Vermittlungsschrank mit 5 Arbeitsplätzen ist in einem Nebenraum aufgestellt, die Relais sind im Wählerraum der Selbstanschluß-Hausanlage untergebracht. Bild 2 zeigt den Kopf des in der Bank einmündenden Staatskabels, der so ausgebildet ist, daß unmittelbar von ihm aus die Leitungen der Bankanlage rangiert werden können.

Den Bedürfnissen des außerordentlich wichtigen und umfangreichen Devisenhandels ist durch eine besondere Devisen-Fernsprechanlage entsprochen. Sie umfaßt drei

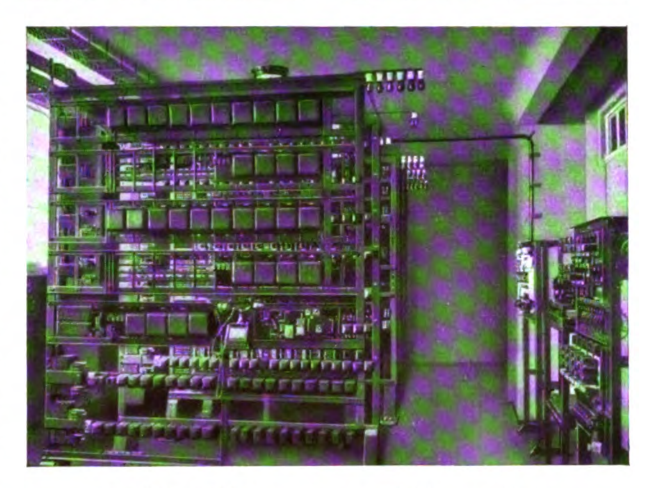


Bild 1. Wählerraum mit Wählergestellen.

Händlerplätze (Bild 3) und einen Vorstandsplatz (Bild 4) mit je zwei Tastenplatten zum bequemen Herstellen der erforderlichen Anschlüsse zum Amt, zur Börse, zu den Maklern, zu den anderen Wiener Banken und zu den Sprechstellen der Selbstanschluß-Hausanlage, falls dort

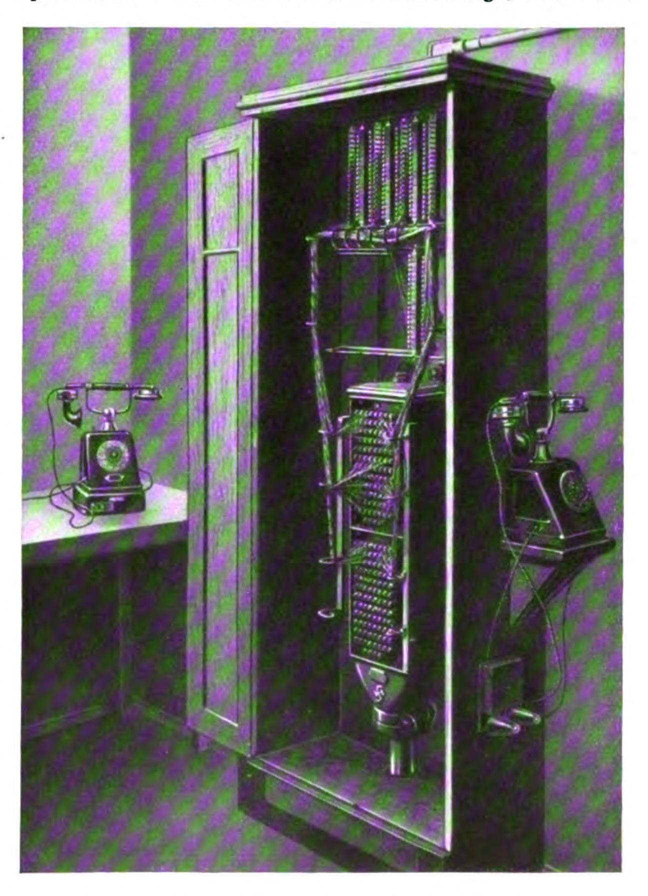


Bild 2. Kabelkopf der Staatsleitung.

Rückfragen nötig sind. Anrufe von außen werden auf zwei Lichttafeln und durch einen Gong angezeigt.

Die Sicherheits- und Zeitdiensteinrichtungen der Österreichischen Nationalbank umfassen eine kombinierte Feuer-



Bild 3. Plätze der Devisenhändler.

melde- und Wächterkontrollanlage, eine selbsttätige Feuermeldeanlage, eine Lauschanlage, eine Türverriegelungs- und eine Zentraluhrenanlage. Die Empfangseinrichtungen sind auf einer Zentralschalttafel mit fünf Holzfeldern und einem Marmorfelde vereinigt. Die kombinierte Feuermelde- und Wächterkontrollanlage ist in vier Schleifen unterteilt; angeschlossen sind drei kombinierte Feuer- und Wächterkontrollmelder, 25 reine Feuer- und 103 reine Wächterkontrollmelder. Die selbsttätige Feuermeldeanlage enthält 80 Maximalmelder, die in 30 Schleifen zusammengefaßt sind, und 2 Empfangsapparate zu je 15 Schleifen. Eine Feuermeldung, stamme sie von den von Hand zu betätigenden oder den selbsttätigen Meldern, kann sogleich auch an die städtische Feuerwehr weitergegeben werden mit Hilfe eines in der Zentrale angebrachten, direkt an das städtische Feuermeldenetz angeschlossenen Melders. Die Lauschanlage dient zum Abhorchen der

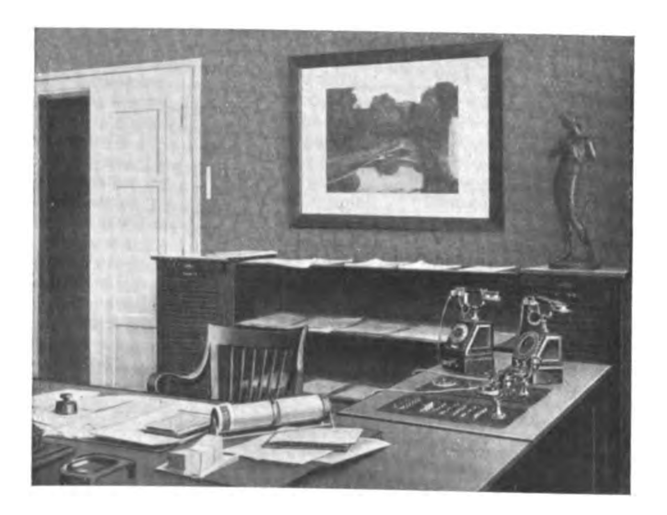


Bild 4. Platz des Vorstandes der Devisenabteilung.

Tresorräume nach verdächtigen Geräuschen außerhalb der Geschäftszeit. Angeschlossen sind 16 hochempfindliche Lauschmikrophone in vier Schleifen, und durch einen Registrierapparat, in dessen Papierstreifen jedesmal beim Betätigen eines der 4-Schleifen-Kippschalter ein Loch gestochen wird, kann überwacht werden, wann und wie lange der Wächter die einzelnen Tresorräume abgehorcht hat. Die Türverriegelungsanlage, die für 30 einfache, doppelte und Drehtüren eingerichtet ist, tritt in Tätigkeit, sobald einer der an Kassenschaltern und anderen Stellen leicht erreichbar angebrachten Auslöser betätigt wird, und verhindert bei Raubüberfällen und anderen Verbrechen das Entweichen der Täter. An die Zentraluhrenanlage sind 46 einfache und 9 Doppelnebenuhren mit seitlichen Zierstäben angeschlossen, außerdem eine Signalnebenuhr, durch die mit Hilfe von 15 in zwei Stromkreise geschalteten Gleichstromweckern Pausensignale abgegeben werden.

Die Hauptuhr ist eine Standuhr mit Präzisions-Nickelstahlpendel.

Fernthermometer sind im Gebäude der Österreichischen Nationalbank an insgesamt 40 Meßstellen angebracht; sie ermöglichen, die Temperatur der betreffenden Räume von einer Zentralstelle aus zu überwachen.

Parallelbetrieb von Drehstromleitungen.

Im Anschluß an den Aufsatz über obiges Thema im Oktoberheft sei besonders darauf hingewiesen, daß man durch Einbau von Drosselspulen die Teilbelastungen der einzelnen parallel geschalteten Leitungen abstimmen kann. Durch Einbau von Drehtransformatoren, insbesondere von zwei hintereinander geschalteten getrennt regelbaren Apparaten oder durch Einbau von Spannungsstufern mit Zusatztransformatoren, hat man es in der Hand, die Belastung auf die parallelen Leitungen beliebig zu verteilen. Hiervon wird beispielsweise dann Gebrauch gemacht, wenn man den Strom über eigene Leitungen führen will, während eine zweite Verbindung über fremde Leitungen bestehen bleiben soll, um sie nur bei Überlastungen oder in besonderen Fällen für die Stromzuführung benutzen zu können.

Neue Umspannwerke.

Die Nordwestdeutschen Kraftwerke (N. W. K.) haben den SSW den Auftrag auf den Bau der Hauptwandlerstation ihres Netzes in Emden erteilt. In der Station wird vorläufig ein Transformator für 4000 kVA, 60/20 kV, aufgestellt. Die Station dient als Speisepunkt für das weitverzweigte 20 kV-Netz der Ue. Z. Wiesmoor und für die Versorgung der Industrieanlagen in Emden. Es ist beabsichtigt, die Station später auch als Schaltstation für das 60 kV-Netz auszubauen, wenn sich die Notwendigkeit ergeben wird, mit 60 kV in den nördlichen und südlichen Teil des Versorgungsgebietes von Wiesmoor weiterzugehen. Dann wird auch die Leistung der Station erhöht werden, und zwar wird an die Aufstellung eines zweiten größeren Transformators von 10000—12000 kVA gedacht.

Zum Ausgleich der Spannungsschwankungen wird im 20 kV-Teil der Station eine Spannungsregelung durch einen Drehtransformator vorgesehen. Beim vollen Ausbau der Station wird mit dem Drehtransformator voraussichtlich noch ein Zusatztransformator in Reihe geschaltet werden, um die Spannungsregelung den sich dann einstellenden Anforderungen anzupassen.

Eine ähnliche Station bauen die SSW auch für die Vereinigten Großkraftwerke Schleswig-Holstein in Itzehoe. Zur Aufstellung gelangen dort zwei Transformatoren von 3000 und 4000 kVA Leistung, 60/15 kV.

Erweiterung des Kraftwerkes Unterweser in Farge.

Die Kraftwerk Unterweser A.-G. in Hamburg erweitert die im Dezember 1924 in Betrieb genommene Zentrale in Farge bei Bremen durch einen Turbosatz von 16000 kVA bei 3000 Umdr/min. Die SSW erhielten den Auftrag auf die betriebsfertige Lieferung des vollständigen Maschinensatzes. Die Dampfturbine für 16 at Überdruck und 350° Überhitzung wird von der Waggon- und Maschinenbau A.-G Görlitz geliefert.

Gleichzeitig mit der Erweiterung der Zentrale wird auch die Hauptschalt- und Transformatorenstation Berne durch Aufstellung eines 10000 kVA-Transformators mit einem Übersetzungsverhältnis von 60/20 kV vergrößert.

Selbsttätige Ladegleichrichter für Elektrokarrenbatterien.

Auf der Leipziger Herbstmesse war auf dem Elektrokarrenstande der SSW ein Quecksilberdampfgleichrichter aufgestellt, der so durchgebildet ist, daß die Aufladung der Karrenbatterien ohne Bedienung ermöglicht wird.

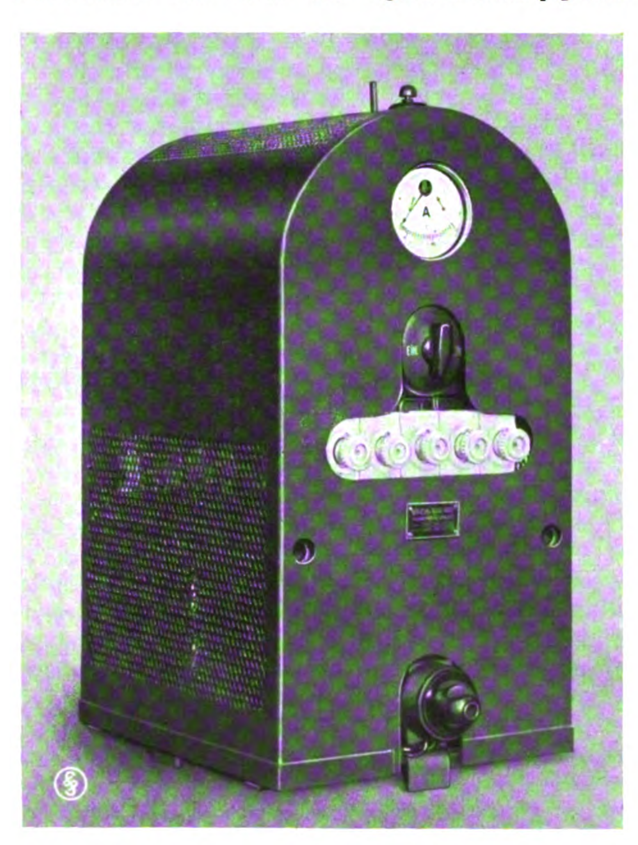


Bild 1. Ladegleichrichter mit Gehäuse.

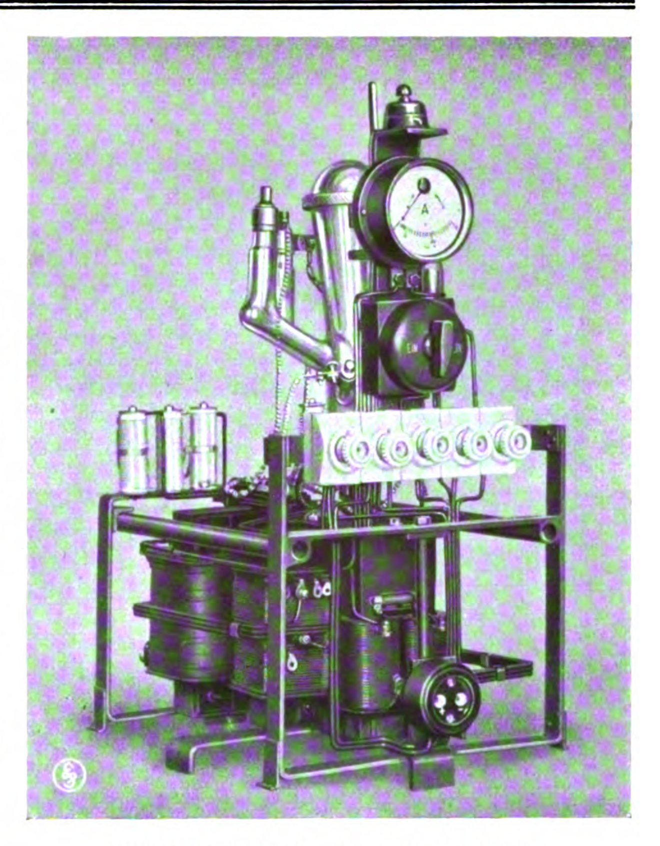


Bild 2. Ladegleichrichter ohne Gehäuse.

Diese Gleichrichter (Bild 1 und 2) sind geeignet zum Anschluß an Drehstromnetze von 380 oder 220 V verketteter Spannung oder zum Anschluß an Einphasenstromnetze von 220 bzw. 110 V.

Die Ladespannung wird selbsttätig durch eine in dem Gleichrichter vorhandene sogenannte Ladedrosselspule geregelt, und zwar

für 40 Zellen-Batterien in den Grenzen von 84 bis 110 V
„ 20 „ „ „ „ „ 40 „ 55 V.

Hierbei beträgt der Ladestrom

bei Beginn der Ladung etwa 21 A
„ „ „ Gasentwicklung etwa 8 bis 10 A
am Ende der Ladung etwa 5 A.

Ein in dem Gleichrichter vorhandener Stromzeiger gestattet, diese Ladestromstärke abzulesen.

Um die Batterien nicht zu überladen, wird der Gleichrichter mit dem bekannten „Pöhler-Schalter" der Accumulatoren-Fabrik A.-G. Berlin zusammengeschaltet. Hierfür sind im Gleichrichter besondere Anschlüsse vorgesehen.

Die Schaltuhr des Pöhler-Schalters setzt sich in Betrieb, wenn die Gasentwicklung der Batterie beginnt (bei 2,4 V je Zelle) und schaltet nach einer bestimmten Zeit, die für jede Batterietype eingestellt werden kann, selbsttätig nach vollendeter Ladung die Batterie bzw. die Gleichrichteranlage ab.

Diese Gleichrichter ermöglichen also, ohne jede Wartung die Karrenbatterien während der Nachtzeit zur Ausnutzung von billigem Nachttarif zu laden.

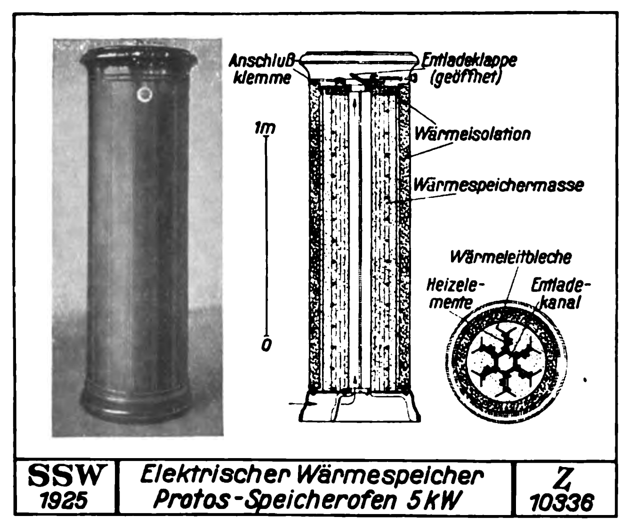


Bild 1.

„Protos“-Wärmespeicheröfen.

Von Dipl. rer. oec. Krieger,
Siemens-Elektrowärme G. m. b. H., Sörnewitz.

Die Einführung der elektrischen Vollraumheizung stieß bisher in Deutschland auf große Schwierigkeiten, da die Beheizung der Räume mit Tagstrom oft an den zu hohen Betriebskosten scheiterte. Heute kann die Frage der elektrischen Raumheizung als gelöst gelten, und zwar durch Verwendung von Speicheröfen, die mit billigem Nachtstrom aufgeladen werden.

Ein elektrischer Wärmespeicherofen (Bild 1), wie ihn die Siemens-Schuckertwerke herstellen, besteht aus einer elektrischen Heizeinrichtung, der Speichermasse und einer doppelten Blechummantelung, die mit einer hochwertigen

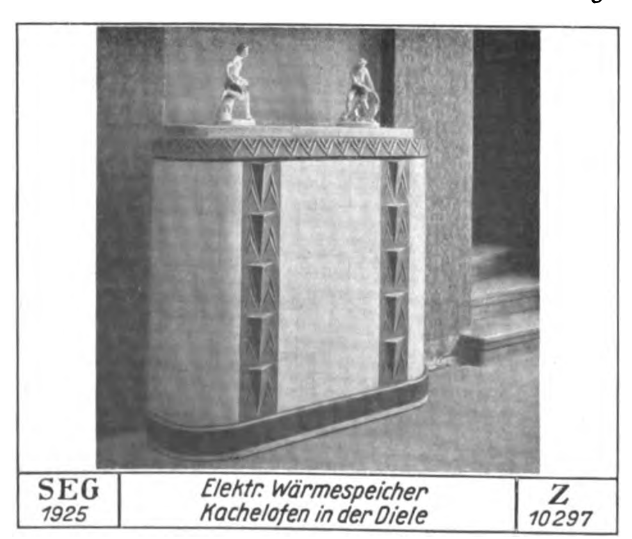


Bild 2.

Wärmeisolationsmasse gefüllt ist. Der Heizkörper besteht aus Heizscheiden mit winklig gegeneinander versetzten eisernen Rippen, die im Grundriß lauter Sechsecke ergeben und die Speichermasse weitgehend unterteilen, wodurch ein guter Wärmekontakt hergestellt wird. Die in der Heizeinrichtung erzeugte Wärme wird durch die beschriebene Anordnung der Heizrippen schnell und gleichmäßig der Speichermasse, die aus getrocknetem Sand besteht, zugeführt. Die Wärme wird durch einen Luftkanal abgegeben, der durch eine Klappe verschlossen werden kann (Durchzugofen). Die Rippenkonstruktion der Heizkörper gewährleistet zugleich eine ausgezeichnete Entladung des Speichers, da hierbei der Speichermasse die aufgenommene Wärme auch vollkommen wieder entzogen wird, weil die einzelnen Rippen nach der Abkühlung durch den im Luftkanal aufsteigenden kalten Luftstrom die Wärme aus der Speichermasse gewissermaßen heraussaugen.

Der Schutzmantel mit Wärmeisolation verhindert eine vorzeitige und unerwünschte Abgabe der gespeicherten Wärme während der Aufladung. Diese Konstruktion stellt gegenüber den Speicheröfen älteren Typs einen großen Fortschritt dar. Früher war die Speichermasse sehr schlecht isoliert, so daß auch während der Aufladung dauernd Wärme in den Raum abströmte und nur ein Bruchteil der aufgewandten Energie in Gestalt von Wärme gespeichert werden konnte. Die Heizeinrichtung war schlecht durchkonstruiert, die Beheizung der Speichermasse war ungleichmäßig, und Wärmestauungen traten auf. Infolge dieser Fehler mußte die Speichermasse übermäßig groß gewählt werden, so daß die Öfen unnötig schwer, ja sogar bauliche Maßnahmen bei der Montage nötig wurden. Die jetzigen Öfen haben ein Drittel des Gewichtes der alten.

Die Wärmespeicheröfen werden nachts in acht Stunden aufgeladen. Während dieser Zeit ist die Luftklappe geschlossen, frühmorgens wird der Ofen abgeschaltet, die Luftklappe geöffnet. Die Luft tritt nun durch den Kanal an die Speichermasse heran, reichert sich mit Wärme an und strömt durch den mit Luftschlitzen versehenen Deckel des Ofens in das Zimmer ab. Sobald die gewünschte Raumtemperatur erreicht ist, kann man durch Verstellen der Luftklappe die Wärmeabgabe des Speicherofens drosseln und bei Verlassen des Zimmers ganz unterbinden, wobei der Zustrom von kalter Luft durch vollständiges Schließen der Luftklappe verhindert wird. Infolge der ausgezeichneten Wärmeisolation bleibt die Wärme in der Speichermasse erhalten und kann später bei Benutzung des Raumes je nach Bedarf entnommen werden.

An Orten, wo besonders günstige Strompreise auch den Betrieb über Tage erlauben, kann der Ofen zur direkten Beheizung verwendet werden. Bei Einschalten des Stromes wird die Luftklappe geöffnet und die in der Heizeinrichtung erzeugte Wärme sofort von dem aufsteigenden kalten Luftstrom an den eisernen Heizrippen entnommen, ohne sich erst der Speichermasse mitzuteilen.

Normalerweise werden die fertigen Öfen in der beschriebenen Ausführung geliefert. Es ist jedoch leicht möglich, an Stelle der Blechummantelung keramische Massen (Kacheln) zu verwenden, wobei die Heizeinrichtung und die Speichermasse die gleichen bleiben (Bild 2).

Die Beheizung durch elektrische Wärmespeicheröfen, bei denen Explosionen und Vergiftungen durch Abgase, Rauch- und Staubentwicklung vollkommen unterbunden sind und lästige und mühsame Bedienungsarbeiten (Kohlentragen, Ascheabfuhr usw.) wegfallen, ist die hygienisch

einwandfreieste und ihre vielseitige Verwendung im Interesse der Volksgesundheit unbedingt anzustreben.

Maße und Anschlußwerte.

Type	Höhe in mm	Durchmesser in mm	Anschlußwert	Gewicht in kg
EWS_1r	1225	300	1 kW	
EWS_3r	1315	600	3 kW	143
EWS_5r	1815	600	5 kW	183

Erweiterung des Kraftwerks Unterspree der Gesellschaft für Hoch- und Untergrundbahnen, Berlin.

Von Dipl.-Ing. W. Sindram, Obering. der Abtl. Bahnen der SSW.

Die Hochbahngesellschaft Berlin arbeitete bisher mit zwei Kraftwerken, von denen das ältere Kraftwerk Trebbiner Straße in der Nähe des Anhalter Bahnhofs und das neuere Kraftwerk Unterspree außerhalb der Stadt in der Nähe des Spandauer Bock liegt. Das Kraftwerk Trebbiner Straße wird stillgelegt, da dessen Betriebsmittel hinreichend verbraucht und abgenutzt sind. Der gesamte Drehstrombedarf wird künftig im Kraftwerk Unterspree erzeugt. Dafür sind zwei weitere Frischdampf-Turbosätze für Betrieb mit Dampf von 13 at Überdruck und eine Leistung von je etwa 10000 kW bei 10000 V den SSW in Auftrag gegeben. Die Turbinen haben zweistufige Zwischendampfentnahme für die Vorheizung des Kesselspeisewassers und für die Erzeugung von Zusatzwasser. Die Spitzen des Bahnbetriebes werden ausgeglichen durch zwei unter Kesseldruck von 15 at stehende Speiseraumspeicher von zusammen 250 m^3 Fassungsraum. Die Kesselspeisepumpen, die Speicherzwischenpumpen, die Verdampferanlage und die Rohrleitungen erhielten die SSW ebenfalls in Auftrag. Die Deckung des geringen nächtlichen Strombedarfs geschieht durch 2 Hilfsturbinen, die mit synchronisierten, als Generatoren arbeitenden Asynchronmaschinen gekuppelt werden. Im Tagesbetrieb werden die letzteren statt mit den Hilfsturbinen mit den Kühlwasserpumpen für die neuen Kondensatoren gekuppelt und arbeiten dann als Asynchronmotoren. Zwecks wirtschaftlicher Feuerführung wird eine Meßzentrale mit allen neuzeitlichen Meß- und Registrier-Einrichtungen eingerichtet.

Die Schaltanlage wird ebenfalls bedeutend erweitert. Es kommen Hochleistungs-Ölschalter Serie IV zur Aufstellung. Die Turbogeneratoren erhalten Generatorschutz nach dem System Bauch mit Stützdrosselspulen, die abgehenden Kabel SSW-Selektivschutz. Reaktanz-Drosselspulen dienen der Beschränkung der Kurzschlußströme und dem Ausgleich der Eigenreaktanzen der alten und neuen Generatoren.

Für die Heranführung der erforderlichen Kühlwassermengen von der Spree her wird ein zweiter Zuflußkanal gebaut. Ein Grobrechen, ein großer Sandfang, ein Schlitzrechen mit Bürste und eine umlaufende Feinsieb-Becherkette sorgen für die Fernhaltung des im Kühlwasser enthaltenen Schmutzes von den Kondensatoren.

Die gesamte Ausführung der Tiefbau- und Hochbauarbeiten erhielt die Siemens-Bauunion in Auftrag.

Verstärker im Fernsprechnetz der Polnischen Eisenbahn.

Für den Ausbau des Polnischen Eisenbahn-Fernsprechnetzes mit dem Eisenbahnministerium Warschau als Zentralstelle war es erforderlich, einwandfrei arbeitende Fernsprechlinien nach den einzelnen Eisenbahndirektionen herzustellen. Die vorhandenen Fernsprechleitungen ermöglichten bei den großen zu überbrückenden Entfernungen nur eine sehr mangelhafte oder überhaupt gar keine telephonische Verständigung. Um diesem Übelstand abzuhelfen, setzte sich das polnische Eisenbahnministerium mit der Siemens & Halske A.-G. in Verbindung, um in seinem Fernsprechnetz zunächst Versuche mit Zwischenverstärkern vorzunehmen. Die Versuche fielen derart befriedigend aus, daß die Siemens & Halske A.-G. den Auftrag erhielt, vorerst in Lublin, Krakau und Lemberg je einen Zwischenverstärker mit Stromlieferungsanlage aufzustellen. Der telephonische Verkehr nach dem Osten und Südosten wickelt sich über diese Verstärkerstationen nunmehr reibungslos ab. Für das kommende Haushaltsjahr plant das polnische Eisenbahnministerium den Bau zweier neuer Verstärkerstationen in Thorn und Bialystok für den Verkehr nach dem Norden und Nordosten.

Internationale bohrtechnische Ausstellung in Bukarest.

Anläßlich des ersten internationalen Bohrkongresses, der am 26. September 1925 in Bukarest durch den Handels- und Industrieminister Constantinescu eröffnet wurde, fand auch eine internationale bohrtechnische Ausstellung statt, an der sich die Siemens-Schuckertwerke durch die Ausstellung von allen für die besonderen Zwecke der Erdölindustrie geschaffenen Erzeugnissen ihrer Werke beteiligt haben. Im Mittelpunkt des Ausstellungsstandes, von dem Bild 1 eine Teilansicht wiedergibt, befand sich das Modell



Bild 1. Stand der Soc. Romana Siemens-Schuckert.

einer Motorsenkpumpengruppe, das im Betriebe gezeigt wurde. Die Gruppe dient zur Förderung von Flüssigkeiten, vornehmlich von Erdöl, aus den Bohrsonden. Sie besteht aus einer Rollkolbenpumpe und einem Drehstrommotor, deren Abmessungen denjenigen der Sonde angepaßt werden. Die Gruppe, die eine wesentliche Neuerung in der Erdöl-Fördertechnik bedeutet und nach Ansicht von Fachleuten möglicherweise eine Umwälzung der Erdölgewinnung zur Folge haben wird, wurde gelegentlich des Ausfluges der Kongreßteilnehmer in das Erdölgebiet betriebsmäßig vorgeführt. Sie war zu diesem Zwecke in eine Sonde der Astra Romana eingebaut. Die neuartige Förderung erregte allgemeine Aufmerksamkeit.

Die Leistungen der SSW wurden durch Verleihung der Goldenen Medaille für die Sondenausstellung und des Grand Prix für die Motorsenkpumpe gewürdigt.

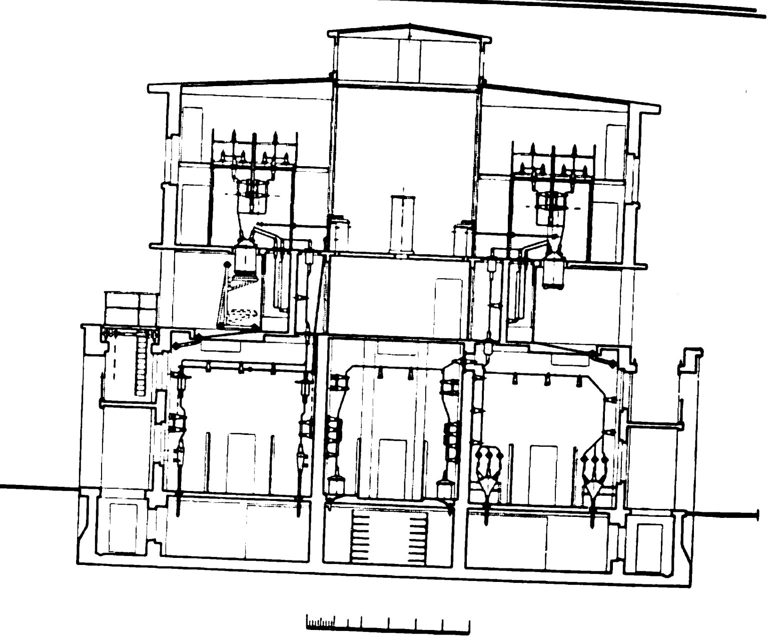


Bild 1. EW Charlottenburg, Schalthaus 30 kV.

Das neue Kraftwerk Charlottenburg

Der von der Berliner Elektrizitätswerk A.-G. Ende Dezember v. J. in Auftrag gegebene Umbau des Kraftwerkes Charlottenburg ist nahezu fertiggestellt. Der erste 16000 kW-Turbosatz wurde Mitte November in Betrieb genommen. Mit diesem Umbau ist eine Rekordleistung in der Bauzeit aufgestellt, denn vom Tage der Bestellung bis zur Inbetriebsetzung wurden nur 10 Monate benötigt, von denen 10 Wochen durch Streik verlorengegangen sind.

Die Projektierung, Ausführung und Bauleitung der gesamten Anlage war den Siemens-Schuckertwerken im Vertragsverhältnis eines beratenden Ingenieurs und Architekten übertragen, die ihrerseits im Einverständnis mit der Direktion der Bewag die Tiefbauarbeiten an die Siemens-Bauunion und die Hochbauarbeiten an die Firma Hallert vergeben haben.

Über den dampftechnischen Teil der Anlage wurde im Februarheft der S. Z. kurz berichtet. Ausführliche Mitteilungen über die interessanten baulichen und maschinellen Anlagen des Werkes werden an anderer Stelle gegeben. Erwähnt sei nur, daß die Anwendung des hohen Druckes, (35 at) Ausnutzung des Anzapfdampfes zur Speisewasservorwärmung und die Speicherung von Kesselspeisewasser einen Wärmeverbrauch von 4000—4200 kcal/kWh ergeben.

Das neue Maschinenhaus ist für 3 Turbosätze von je etwa 24000 kW vorgesehen, von denen jetzt zwei aufgestellt sind. Jede Maschinengruppe besteht aus einem Vorschalt-Turbosatz von 8000 kW, Bauart MAN-Brünn für 32 at und einem Niederdruck-Turbosatz von 16000 kW für 13 at. Je ein Generator ist unmittelbar mit den zugehörigen Transformatoren 6/30 kV zu einem Ganzen vereinigt. Die Transformatoren haben Ölumlauf und außenliegende Kühlung; das Öl wird in einem Preßluftkühler außerhalb des Transformator-Kessels gekühlt. Die Kühlluft wird durch einen Lüfter bewegt, und der Ölumlauf durch eine Pumpe bewirkt.

Für die Schaltanlagen wurde höchste Betriebssicherheit gefordert. In der 30 kV-Anlage (Bild 1) sind sämtliche Ölschalter in hängender Anordnung so eingebaut, daß die Ölkessel unmittelbar mit der Außenluft in Verbindung stehen. Abgase der Schalter werden unmittelbar ins Freie ausgestoßen. Eine Beschädigung des Schalterkessels wirkt sich im Freien aus, ohne die Hochspannungsanlage, das Gebäude oder das Dienstpersonal zu gefährden.

Sämtliche Apparate einschließlich Trennschalter sind für Fernsteuerung vorgesehen. Der Schaltmeister übersieht in der Warte die gesamte Schaltung der Anlage. Sorgfältig durchgebildete Temperatur- und Gefahrmeldeanlagen unterrichten ihn über alle Vorgänge in der Anlage.

EINGESANDTE BÜCHER

(Ausführliche Besprechung einzelner Bücher vorbehalten.)

Männer der Technik. Ein Biographisches Handbuch. Herausgegeben im Auftrage des Vereins Deutscher Ingenieure von Conrad Matschoss. VDI-Verlag Berlin 1925. 306 Seiten. 106 Bildnisse. Preis geb. M 28,—. Aus dem Vorwort: Das Werk, im Auftrag des größten technischen Berufsvereines herausgegeben, will zeigen, wie viele Männer der Technik wert sind, durch ihre Taten und durch ihr Leben denen zugereiht zu werden, die man nicht vergessen soll. Das Buch umfaßt 850 Biographien.

Das Deutsche Museum. Geschichte, Aufgaben, Ziele. Im Auftrag des Vereins Deutscher Ingenieure unter Mitwirkung hervorragender Vertreter der Technik und der Naturwissenschaften bearbeitet von Conrad



Matschoss. VDJ-Verlag und R. Oldenbourg, Berlin-München. 1925. 364 Seiten, rund 400 Abbildungen Preis geb. M 20,—.

Aus dem Vorwort: Der Verein Deutscher Ingenieure, der den Vorzug hatte, im Juni 1903 Pate zu stehen bei der Gründung des Deutschen Museums, wollte es sich nicht nehmen lassen, den vielen alten, neuen und zukünftigen Freunden des Museums am Tage der Eröffnung dieses größten Kulturwerkes eine Schrift darzubieten, die aus dem Mund berufener Mitarbeiter des Museums berichtet, wie das Deutsche Museum wurde und was es heute der Welt zu bieten hat.

Aus dem Inhalt: Geschichte des Deutschen Museums. Der Ehrensaal des Deutschen Museums. Die Bildungsaufgabe des Deutschen Museums. Der Museumsbau. Die Sammlungen des Deutschen Museums. Die Förderer des Deutschen Museums.

Die physikalisch-technichen Grundlagen des Funkwesens. Ein Leitfaden für Funkfreunde und Wiederholungsbuch für Funktechniker. Von M. Polatzek, Funkoffizier. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig. 1925. 113 Seiten, 69 Abbildungen. Preis geh. M 3,50.

Aus dem Inhalt: Grundbegriffe der Elektrizitätslehre. Bandmikrophon und Bandlautsprecher. Die Selbstinduktion. Die elektrostatischen Erscheinungen. Der Stromdurchgang durch Nichtleiter. Erzeugungsgrundlagen für Hochfrequenzströme. Grundlagen des Senders. Grundlagen des Empfängers. Die Hoch-Vakuum-Elektronenröhre. Die Rahmen-Antenne. Der Wellenmesser. Wissenswertes aus der Organisation des Unterhaltungs-Rundfunkes.

Aus der Technik des Rundfunkes. Von F. Ambrosius. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig. 1925. 88 Seiten, 88 Abbildungen. Preis geh. M 3,—.

Aus dem Inhalt: Die Einzelapparate der Rundfunktechnik. Hörer und Lautsprecher. Detektoren und Elektronenröhren. Antennen und Erden. Stromquellen. Antennen-Schaltungen. Empfangsschaltungen. Verstärker-Anordnungen. Die Sende-Einrichtungen.

Die Empfangstechnik mit besonderer Berücksichtigung des Rundfunkempfangs. Von Erich Schwandt. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig. 1925. 96 Seiten, 182 Abbildungen, Preis geh. M 4,—.

Aus dem Inhalt: Elektrische Welle. Sender. Empfänger. Antennen. Selbstinduktion. Kapazitäten. Empfangs-Schwingungskreise. Kopplung. Detektoren. Elektronenröhren. Energiequellen. Transformatoren. Telephone und Lautsprecher. Der Detektor-Empfang. Audion-Empfang. Rückkopplungsempfang. Verstärker. Der Neutrodyne-Empfänger. Zwischen-Frequenz-Verstärkung. Überrückkopplung. Reflex-Schaltungen. Kurzwellenempfang.

Die medizinische Hochfrequenztechnik. Heft 1. Die Technik der Elektromedizin in Einzeldarstellungen. Von Dr. phil. Otto Müller, Professor der Elektrotechnik am Friedrichs-Polytechnikum Cöthen. Dozent für die Technik der Elektromedizin an der Universität Halle. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig. 1925. 80 Seiten, 50 Abbildungen. 2. Auflage. Preis geh. M 1,20.

Aus dem Inhalt: Geschichtliches. Das Arsonvalinstrumentarium. Die Diathermiewärme. Die Elektronenröhre. Die Elektrodenfrage. Die intermittierende und die Kreuzfeuer-Diathermie. Die biologischen und physiologischen Wirkungen der Diathermie.

Die medizinische Röntgentechnik. Heft 5/6. Die Technik der Elektromedizin in Einzeldarstellungen. Von Dr. phil. Otto Müller, Prof. der Elektrotechnik am Friedrichs-Polytechnikum Cöthen. Dozent für die Technik der Elektromedizin an der Universität Halle. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig. 1925. 80 S., 50 Abb. Preis geh. M 2,40.

Aus dem Inhalt: Die Kathodenstrahlen. Stoß-Jonisation. Thermoionisation. Das Röntgenspektrum. Die Absorption der Röntgenstrahlen. Wirkungen der Röntgenstrahlen. Die Röntgenionenröhre. Die Coolidgeröhre. Die Lilienfeldröhre. Ölinduktor von Siemens & Halske. Symmetrieinduktor von Reiniger, Gebbert & Schall. Veifa-Reformapparat. Universal-Apparat von Siemens & Halske. Heliopan von Reiniger, Gebbert & Schall. Neo-Intensiv-Apparat der Veifa-Werke. Multivolt von Siemens & Halske. Ventilröhren-Diagnostik-Apparat von Siemens & Halske. Stabilivolt von Siemens & Halske. Dosimeter von Siemens & Halske. Die Röntgentherapie.

Radio-Leitfaden. Praktisches Handbuch für den Radiohandel. Bearbeitet von Dr. Ing. Max M. Hausdorff. Union Deutsche Verlagsgesellschaft, Berlin. 150 Seiten. 218 Abbildungen. Preis geb. M 5,—.

Aus dem Inhalt: Detektor-Empfang. Antennenanlage. Die Röhren. Die Stromversorgung. Empfangs-Apparaturen. Bewährte Schaltschemata. Lautsprecher. Einzelteile. Praktische Winke. Der Unterhaltungs-Rundfunk. Organisation des Radiohandels.

Der praktische Telegraphenhandwerker. Teil I = Allgemeine Berufs- und Bürgerkunde. Herausgegeben von Carl Westphal, Obertelegrapheninspektor beim Telegraphenbauamt in Lübeck. Unter Mitwirkung von R. Buhl, H. Riefenstahl, W. Schönfeld, Ministerialamtmänner. O. Schäfer, Oberpostinspektor. H. Ohlbrecht u. A. Schmalfeldt, Postinspektoren im Reichspostministerium. Verlag Franz Westphal, Lübeck. 82 Seiten, Preis geh. M 2,—.

Aus dem Inhalt: Das Deutsche Reich und die Reichsverfassung. Die Deutsche Reichspost. Rechtskunde. Verwaltungs- und Betriebsvorschriften.

Teil II = Ausbildung und Gesellenprüfung nebst Erklärungen der Werkstücke und der besonderen Schaltungszeichnungen. Herausgegeben von Carl Westphal, Obertelegrapheninspektor beim Telegraphenbauamt in Lübeck unter Mitwirkung von E. Petzold, Postinspektor und E. Hasseberg, technischer Oberpostsekretär im Telegraphentechnischen Reichsamt. 151 Seiten, zahlreiche Abbildungen. Preis geheftet M 2,50.

Aus dem Inhalt: Zusammenstellung der Vorschriften. Werkstatt-Ausbildung. Erläuterungen zu den Stromlaufzeichnungen für die theoretische Ausbildung der Telegraphenbau-Lehrlinge.

Jahrbuch der Elektrotechnik. Übersicht über die wichtigsten Erscheinungen auf dem Gesamtgebiet der Elektrotechnik. Unter Mitwirkung zahlreicher Fachgenossen herausgegeben von Dr. Karl Strecker. 12. Jahrgang. Das Jahr 1923. Verlag Oldenbourg. München und Berlin. 1925. Preis geb. M 13,—.

Aus dem Vorwort: Der vorliegende Jahrgang umfaßt die Literatur vom 1. Januar bis 31. Dezember 1923. Der Band weist gegen die vorhergehenden einige Lücken auf. Die Literatur auf den Gebieten des Eisenbahn-Telegraphen- und Signalwesens und der atmosphärischen Elektrizität ist im Jahre 1923 sehr dürftig gewesen, so daß es angezeigt war, diese beiden Abschnitte dieses Mal ausfallen zu lassen und das wenige, was erschienen ist, mit dem Stoff des folgenden Jahres zu vereinigen. Auch der Abschnitt über Galvanotechnik mußte für den Jahrgang 1924 zurückgestellt werden.

Elektrotechnikers Notiz-Kalender 1925/26. 1. Juli 1925 bis 30. Juni 1926. Herausgegeben von Oberingenieur K. Wernicke. 30. Jahrgang. Verlag Friedrich Otto Müller, Altenburg (Thüringen). 1925. 200 Seiten, zahlreiche Abbildungen. Preis geb. M 4,—.

Die Elektromotoren, ihre Arbeitsweise und Verwendungsmöglichkeiten. Von Prof. Dr. F. Niethammer, Professor an der Deutschen Technischen Hochschule Prag. I. Gleichstrommotoren. Mehrphasige Synchron- und Asynchronmotoren. Sammlung Göschen Nr. 798, 2. Auflage, 99 Seiten. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1925, Preis geb. M 1,25.

Aus dem Inhalt: Geschichtliche Entwicklung der Elektromotoren. Gleichstrommotoren. Schaltungsarten. Mechanischer Aufbau. Wendepole. Querwicklung. Leistung. Drehzahl. Drehmoment. Betriebseigenschaften. Umkehr des Drehsinnes. Das Anlassen. Geschwindigkeitsreglung. Pendelerscheinungen. Bremsung. Mehrphasige Synchronmotoren. Schaltung. Drehzahl. Leistung. Drehmoment. Betriebseigenschaften. Umsteuern. Anlassen und Regeln. Pendelerscheinungen. Bremsen. Der Asynchronmotor. Wirkungsweise. Mechanischer Aufbau. Leistung. Drehmoment. Drehzahl. Betriebseigenschaften. Umsteuern. Anlassen. Geschwindigkeitsreglung. Bremsverfahren. Phasenverschiebung. Kreisdiagramm.

Schaltanlagen in elektrischen Betrieben. Von Prof. Dr. F. Niethammer, Professor an der Deutschen Technischen Hochschule Prag. I. Allgemeines, Schaltpläne, einfache Schalttafeln. 2. Auflage, 68 Seiten. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig. 1925. Sammlung Göschen Band 796. Preis: geb. M 1,25.

Aus dem Inhalt: Zweck, Entwicklung und Bestandteile der Schaltanlagen. Schaltplan. Allgemeine Gesichtspunkte für den Aufbau der Schaltanlagen, Anbau der Apparate an die Maschine. Wandschalttafeln. Verteiler. Freistehende, lotrechte Flachschalttafeln.

Die Telegraphenbauordnung im Lapidarauszug (Lapidar-TBO) mit Sachweiser. Für den praktischen Gebrauch bearbeitet von Carl Westphal, Obertelegraphen-Inspektor. 5. Auflage in erweiterter Neubearbeitung. Verlag Franz Westphal, Lübeck. 1925. 436 Seiten, 182 Abb. Preis geb. M 5,—.

Aus dem Inhalt: Allgemeine Vorschriften zur Herstellung, Unterhaltung und Sicherung der Telegraphenlinien und -leitungen. Telegraphen- und Fernsprech-Betriebsstellen. Telegraphen-Bauzeug. Bauausführung für Freileitungs- und Kabel-Anlagen.

Fluchtlinientafeln zur Berechnung des cos φ. Von Dipl.-Ingenieur W. Groezinger, Oberschles. Überwachungsverein, Elektr. Abteilung Gleiwitz. Verlag Julius Springer, Berlin. 1925. Preis geb. M 1,—.

Wasserkraft-Jahrbuch 1924. Herausgeber: Oberbaudirektor K. Dantscher, o. Prof., München. Ingenieur Karl Reindl, München. Verlag Richard Pflaum, München. 1925. 612 Seiten, 279 Abb. und 13 Tafeln. Preis geb. M 24,—.

Aus dem Inhalt:

I. Entwicklung der Wasserkraftnutzung und Verwertung der Wasserkräfte. Die Entwicklung der Wasserkraftnutzung und der Wasserkraftmaschinen. — Ausbau deutscher Wasserkräfte. — Der Stand der Wasserkraftnutzung in den hauptsächlichsten übrigen Ländern Europas: Die Wasserkraftnutzung in Oesterreich. Stand der schweizerischen Wasserkraftwirtschaft im Jahre 1924. Die Wasserkraftnutzung in Frankreich. Die Wasserkraftnutzung in Schweden. Die Ausnützung der Wasserkräfte Norwegens. Die Wasserkraftnutzung in Finnland. Die Wasserkraftwirtschaft Italiens. Die Wasserkraftnutzung in Spanien. Die Wasserkraftnutzung in Griechenland. Die Wasserkräfte der Union der Sozialistischen Sowjet-Republiken und ihre Ausnutzung. Die Wasserkräfte Jugoslawiens. Die Wasserkraftnutzung in der Tschechoslowakei. Die Wasserkraftnutzung in Belgien. Die Wasserkraftnutzung in Dänemark. Die Wasserkraftnutzung in England. Die Wasserkraftnutzung in Ungarn. — Moderne Grundsätze der Wasserkraftgesetzgebung. — Allgemeine Energiewirtschaft und Wasserkraftnutzung. — Betriebsergebnisse von Wasserkraft-Überlandwerken.

II. Der Ausbau der Wasserkräfte. Grundsätze für die Bestimmung der Ausbauwassermengen. Beitrag zu den Vorarbeiten für Wasserkraftnutzung. Die Nutzwasserfeststellung und ihre Verwertung. Wassermessungen bei Wasserkraftanlagen. Wasserkraftausbau und Geschiebeführung. Schiffahrt und Wasserkraftausnutzung. Die Betonauskleidung der Werkkanäle. Hydraulische Pumpenspeicherung. Erfahrungen mit dem Bau von Holzrohrleitungen. Entlastungsvorrichtungen bei Wasserkraftanlagen. Die Wichtigkeit des Versuchs für zweckmäßige Wasserkraftausnutzung.

III. Wasserkraftmaschinen. Die Cavitation bei Wasserturbinen. Cavitationserscheinungen bei Turbinen mit großer Umlaufgeschwindigkeit. Die Bedeutung des Saugrohres. Kaplanturbinen oder Propellerturbinen. Über Getriebe bei Wasserkraftanlagen. Vorteile und Einrichtungen selbsttätig arbeitender Wasserkraftwerke. Die neuere Entwicklung der Turbinenregler. Umbau älterer Wasserturbinen zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg. Verlag: Siemens-Schuckertwerke, Literarisches Bureau.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.

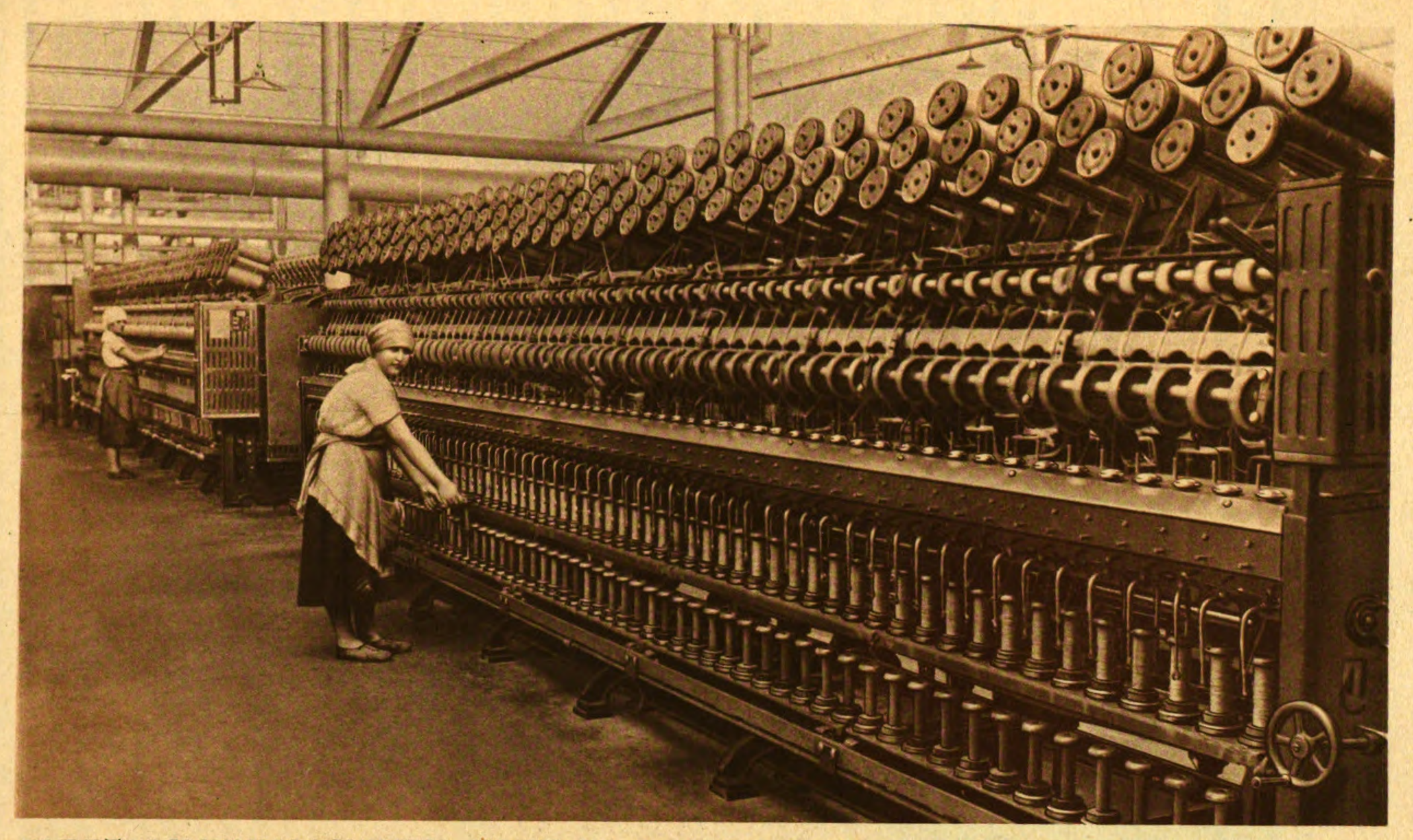




BERLIN-SIEMENSSTADT · HEFT 12 · DEZEMBER 1925



FLACHSSCHEUER IN LAREN NACH DEM GEMÄLDE VON PROF. MAX LIEBERMANN



ELEKTROSPINNMASCHINEN NACH DR. SCHNEIDER IN DER JUTESPINNEREI MAX BAHR IN LANDSBERG A. D. WARTHE

Offsetdruck Gebr. Feyl, Berlin SW 48

SIEMENS-ZEITSCHRIFT
SIEMENS & HALSKE
SIEMENS-SCHUCKERT
SCHRIFTLEITUNG: LITERARISCHES BUREAU DER SIEMENS-SCHUCKERTWERKE
12. HEFT • BERLIN / DEZEMBER 1925 • JAHRGANG 5

Elektrotechnik und Textilindustrie

Ein Geleitwort

Von Dr.-Ing. Wilhelm Stiel, Oberingenieur in der Abteilung Industrie der SSW.

Das Entstehen und Erstarken der neuzeitlichen Textilindustrie in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ist unlösbar verknüpft mit dem Auftreten der Dampfkraft. Gebunden an die Kraftübertragung durch Transmissionen führte der mechanische Betrieb damals zwangläufig zur Entstehung geschlossener Fabrikbetriebe verhältnismäßig großen Umfanges und damit zur eigentlichen Begründung der Textilindustrie als Großbetrieb. So wurde die mit der Transmission verknüpfte Dampfkraft die Ursache für die in ihren Anfängen mit starken sozialen Schmerzen verbundene Umstellung der textilen Erzeugung vom Hausbetrieb auf den Großfabrikbetrieb der Neuzeit.

Die durch die Raumgebundenheit der Dampfkraft erzwungene straffe Kraftzentralisierung der Textilbetriebe konnte, abgesehen von der Unerwünschtheit der dadurch erzwungenen Zusammenballung großer Arbeitermassen, auf die Dauer auch technisch nicht voll befriedigen. Die Gebundenheit an Transmissionsstränge zwang zu Kompromissen in Raumausnutzung und Maschinenaufstellung, die im Hinblick auf zweckmäßigen Materialfluß und höchstgesteigerte Produktionsfähigkeit unerwünscht erscheinen mußten.

So kann es nicht wundernehmen, daß auch in der Textilindustrie die Elektrotechnik als neue Helferin begrüßt wurde, sobald sie in ihrer Entwicklung so weit fortgeschritten war, daß sie sich an den Bau industrieller Kraftanlagen heranwagen konnte. Dabei stellte sich dann sehr bald heraus, daß die neue Energieform Elektrizität neben den großen Vorteilen, die in ihrer bequemen Verwendbarkeit und der beliebigen Teilbarkeit der Leistungen lagen, noch den großen Vorzug einerseits der (namentlich beim Asynchronmotor verwirklichten) guten Geschwindigkeitskonstanz und andererseits der einfachen Regelbarkeit der Geschwindigkeiten besaß. Gerade diese Eigenschaften aber erwiesen sich als besonders wichtig und führten zu einer nennenswerten Wertüberlegenheit der Elektrizität als Energieträger gegenüber der Dampftransmission, als deren Ergebnis sich in der neuzeitlichen Entwicklung die gesteigerte Produktivkraft der elektrisch betriebenen gegenüber der dampftransmissions-betriebenen Textilfabrik ergab.

Die Einführung der Elektrizität als Energiequelle für den Maschinenbetrieb ermöglichte somit einerseits die Auflösung des Textil-Großbetriebes in Betriebe kleineren Umfanges, und machte dadurch nach dem Ausbau der Elektrizitätsversorgung über das flache Land sogar auch den Kleinbetrieb und die Hausindustrie wieder lebensfähig; andererseits, und dies ist heute das wichtigere, ergab sie auch in der Textilfabrik selbst die Befreiung von der erzwungenen Zentralisierung und ermöglichte volle Freiheit in der zweckmäßigsten Gruppierung und Aufstellung der Arbeitsmaschinen und den Übergang zu deren Einzelantrieb. In vielen Fällen ist das Endziel der Entwicklung bereits heute erreicht, der Übergang zur Elektro-Arbeitsmaschine höchster Produktivität, bei der Arbeitsmaschine und Elektroantrieb zu einer neuen Einheit verschmolzen sind, die alle in der Energieform Elektrizität ruhenden Möglichkeiten der weitestgehenden Kraftzerteilung durch unmittelbaren Antrieb der einzelnen Arbeitswellen und der Regelbarkeit aller Einzelgeschwindigkeiten voll ausnutzt.

Das Ergebnis dieser Entwicklung ist der im letzten Jahrzehnt sich anbahnende und sich heute schon klar heraushebende überwältigende Sieg des Elektro-Einzelantriebes in der Textilindustrie. Es hat allerdings langer Jahre bedurft, bis die Überlegenheit des Elektrobetriebes allerseits so klar erkannt wurde, und mancher Betriebsleiter der älteren Generation, gewöhnt an die dampfbetriebene Transmissionsfabrik des 19. Jahrhunderts, scheut sich noch, den Schritt zum Elektrobetrieb mitzumachen. So gibt es auch heute noch, namentlich im Auslande, zahlreiche Textilbetriebe alten Stiles, die mit Zähigkeit an den überkommenen alten Formen festhalten. Aber auch dort ist es nur eine Frage der Zeit, bis die Erleuchtung kommen wird und der Wunsch entsteht, ebenfalls an den Vorteilen der Elektrizität teilzunehmen. Lange Jahre marschierte Deutschland mit der Elektro-Einzelantriebsausrüstung seiner Textilindustrie weitaus an der Spitze. In den letzten Jahren aber beginnt das Ausland nachzurücken, und in Amerika, das sich am längsten gesträubt hat, dürfte gegenwärtig kaum noch eine neue Fabrik ohne Elektrobetrieb gebaut werden.

Gleichwohl stehen wir heute noch durchaus im Anfange der allgemeinen Umstellung auf den Elektrobetrieb, und es ist noch vieles zu tun, um der Textilindustrie den vollen Nutzen der Elektrizität zu sichern. Es wird dabei verständnisvollen Zusammenarbeitens zwischen den in Betracht kommenden Faktoren: Elektro-Ingenieur, Maschinen-Ingenieur und Fabrik-Ingenieur bedürfen, um in jedem einzelnen Falle und bei jeder einzelnen Arbeitsmaschine das Höchstmögliche an Zweckmäßigkeit der Energieversorgung und an Produktivität des Maschinenbetriebes zu erreichen. Die Arbeit wird aber lohnend sein, nicht nur für den Textilmann, der sich dadurch Anlagen höchster Wirtschaftlichkeit sichert, sondern auch für die Elektrotechnik, die dadurch als lohnendes Betätigungsfeld das Gesamtgebiet der Textilindustrie gewinnt, einer Industrie, deren wirkliche Größe und Bedeutung im Rahmen der Gesamtwirtschaft bisher oft verkannt und selten voll gewürdigt wurde. Es sollte nicht vergessen werden, daß die Textilwirtschaft im Wirtschaftsleben der Welt mindestens dieselbe Rolle spielt, wie die Schwerindustrie, insbesondere Eisenindustrie und Bergbau. In Deutschland standen im Jahre 1913 dem Produktionswerte nach die Textilindustrie und die Eisenindustrie auf gleicher Höhe (beide 5,3 Milliarden Goldmark), wogegen der Produktionswert des gesamten Bergbaues im gleichen Jahre nur 2,5 Milliarden Goldmark betrug. Allein die deutsche Baumwollindustrie war mit 2,4 Milliarden Goldmark dem Produktionswerte des gesamten Steinkohlenbergbaues mit 2,2 Milliarden Goldmark überlegen. Ein ähnliches Bild liefert der Vergleich der in den einzelnen Industriezweigen beschäftigten Personen. Im Jahre 1907 waren in der Textil- und Bekleidungsindustrie in Deutschland etwa 2,4 Millionen Personen hauptberuflich tätig, während die Gesamtzahl der in der Schwerindustrie, also in Bergbau, Hüttenbetrieb und Metallverarbeitung, tätigen Personen nur 2,2 Millionen betrug. Die Gesamtzahl der auf der Erde laufenden Baumwollspindeln betrug im Jahre 1924 etwa 158 Millionen, sie benötigten zu ihrem Betrieb etwa 3 Millionen PS Energie. In den Jahren vor dem Kriege wurden jährlich etwa 2,85 Millionen Baumwollspindeln neu aufgestellt, die bei Betrieb durch Einzelmotoren zum Betrieb der Spinnmaschinen allein etwa 6000 Spinnmotoren von je etwa 10 PS Leistung erfordern.

Wenn auch die anderen Zweige der Textilindustrie hinter der Baumwollindustrie, ihrem Umfang nach, etwas zurückstehen, so ist doch auch ihre Bedeutung immer noch groß genug.

In neuester Zeit beginnt die Kunstseiden-Industrie für die Elektrotechnik von besonderer Bedeutung zu werden durch den Übergang auf das elektrische Zentrifugen-Spinnverfahren, bei dem jeder einzelne Spinntopf durch einen schnell laufenden Sondermotor senkrechter Bauart angetrieben wird, so daß jede einzelne Kunstseidefabrik mit vielen Tausenden dieser Elektrozentrifugen versehen werden muß. Auch volkswirtschaftlich steigt die Bedeutung der Kunstseiden-Industrie insofern, als sie geeignet erscheint, die Länder gemäßigter Zone wenigstens zum Teil von der Diktatur der Baumwolle zu befreien: indem die Kunstseide, ähnlich wie auch das neuerdings in Deutschland durchgearbeitete Verfahren der Verbaumwollung (Cotonisierung) der Hanf- und Flachsfaser befähigt erscheint,

für die Textilindustrie aus dem heimischen Boden Rohstoffe zu liefern, die teils selbständig, teils in Mischung mit einem gewissen Prozentsatz an Baumwolle oder Wolle neuartige und hochwertige Gespinste und Gewebe ergeben, die einen großen Teil des bisherigen Textilimports entbehrlich machen können. Was das für die deutsche Volkswirtschaft bedeutet, erhellt aus der Tatsache, daß dieser deutsche Import an Textilien im Jahre 1924 einen Wert von 2,9 Milliarden Goldmark erreichte, fast ein Drittel der Gesamteinfuhr!

Bei all diesen Neuerungen und Verbesserungen auf dem Textilgebiete fällt der Elektrotechnik die Rolle des überall bereiten Helfers zur größtmöglichen Produktivität und Wirtschaftlichkeit des Betriebes zu, und es ist nur natürlich, daß die SSW, wie sie seit langen Jahrzehnten das Gesamtgebiet der Elektroversorgung der Textilindustrie mit größtem Erfolge bearbeitet haben, so auch allen diesen neueren Entwicklungsrichtungen ihre ganz besondere Aufmerksamkeit widmen. Schon im Jahre 1876 zeigte Werner Siemens auf der Gewerbe-Ausstellung in Berlin den ersten Webstuhl-Einzelantrieb; um die Jahrhundertwende schuf Schuckert den Webstuhlantrieb mit Rutschkupplung, der seinerzeit die Lösung des Webstuhlantrieb-Problems brachte, und ebenso das klassische Fünfleiterreguliersystem für Zeugdruckmaschinen-Antriebe; kurz vor Kriegsausbruch noch wurde der Dr. Schneidersche Flügel-Einzelantrieb durch die Hilfe der SSW aus dem Versuchsstadium in den Großbetrieb übergeführt und konnte seitdem seine großen Erfolge in der Bastfaserspinnerei erringen[1]); und die Zeit nach dem Kriege zeigte als neue große Erfolge den regelbaren Wirkmaschinenantrieb, den Mehrfach-Krempelsatzantrieb mit Synchronlaufbeherrschung, die Selfaktor-Einzelantriebe mit Schlupfelastizität, den regelbaren Spinnmaschinenbetrieb mit Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotor und schließlich als neuesten wohlgelungenen Wurf den Spinnzentrifugenantrieb für Kunstseide.

Betrachten wir heute rückschauend die Entwicklung der Elektrizitätsverwendung in der Textilindustrie, so fällt ins Auge, daß hier die wirklichen Erfolge nur durch die enge Anpassung der Elektromaschine an die Arbeitsmaschine erreicht worden sind: d. h. durch Ausbildung von Sonderbauarten des Elektromotors, die sich in Geschwindigkeit, Arbeitsweise und Aufbau den Sonderanforderungen der Arbeitsmaschinen anschmiegen und eben dadurch die wirtschaftlichen Vorteile erringen, die dem Elektrobetrieb seine entscheidende Überlegenheit verleihen. Die Textilindustrie gehört dadurch zu denjenigen Industrien, die an der Spitze der Entwicklung marschieren und kann damit für manche andere Industrie vorbildlich sein. Sie zeigt, daß das Letzte und Beste nur erreicht werden kann, wenn der nur vom Händlerstandpunkt aus ideale „Normalmotor mit Riemenscheibe" zum alten Eisen geworfen und durch den Motor in Sonderbauart ersetzt wird: der dabei aber ebenfalls zur Massenerscheinung und damit einer wirtschaftlichen und billigen Herstellung ebenso zugänglich wird wie der altüberlebte „Normalmotor".

Die große Organisation der SSW ermöglicht es, daß die Erfahrungen aus der Elektro-Textilindustrie aller Weltteile automatisch im Stammhause in Siemensstadt zusammenströmen, so daß sie hier von dem technischen Generalstab der Firma verarbeitet, mit den Ergebnissen der eigenen Forschungsarbeit verbunden und in steter Entwicklungsarbeit für den Fortschritt der Technik nutzbar gemacht werden, wobei sachverständige Ingenieure auf den Außenposten, die mit den Bedürfnissen der Textilindustrie vertraut sind, die stete Zusammenarbeit zwischen Theorie und Praxis, zwischen Elektrotechnik und Textilindustrie, sicherstellen.

Das vorliegende Sonderheft der „Siemens-Zeitschrift" gibt einige Ausschnitte aus dieser vielseitigen Arbeit der SSW auf dem Gebiete der Elektroversorgung der Textilindustrie. Vieles konnte nicht behandelt werden, das ebenfalls eine Darstellung verdient hätte, und so muß auch dieses Heft trotz seines Umfanges nur eine Sammlung einzelner Beispiele bleiben, ohne das Gesamtthema „Elektrotechnik und Textilindustrie" auch nur annähernd zu erschöpfen. Gleichwohl wird das Heft, das auch dem Fach-

[1]) Vergleiche die Beilage dieses Heftes. Das Liebermannsche Bild: „Flachsscheuer in Laren" gibt eine Anschauung eines Bastfaser-Großspinnbetriebes der alten Zeit; als Gegenstück der neuzeitliche Elektro-Großbetrieb in Gestalt der Dr. Schneider-Stühle in der Jutespinnerei Max Bahr in Landsberg a. d. Warthe.

mann manches Neue und Wissenswerte bieten dürfte, die überaus wichtige Rolle, welche die Elektrotechnik als Helferin und Förderin der Textilindustrie spielt, wenigstens mit einigen Schlaglichtern beleuchten und damit vielleicht auch in den Kreisen, die dem behandelten Sondergebiet ferner stehen, das Interesse dafür, wie hier die Aufgaben der Elektrotechnik angefaßt wurden, wecken und zu ähnlicher Elektro-Durchdringung auch anderer Gebiete anregen können.

Über den Einfluß des elektrischen Einzelantriebes auf die Wirtschaftlichkeit textilindustrieller Betriebe

Von Dipl.-Ing. Fritz Schiebuhr, Abteilung Industrie der SSW.

Es ist nur selbstverständlich, daß die Leitung einer Spinnerei oder Weberei vor der Entscheidung über die Antriebsart der Arbeitsmaschinen zuerst fragt, welche wirtschaftlichen Vorteile der elektrische Einzelantrieb[1]) bringt und ob die Aufwendung der Anschaffungskosten durch größere Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebes gerechtfertigt werde.

Ebenso wie in allen übrigen die Fabrikation betreffenden Fragen ist auch bei der Wahl der Antriebe sowie der Krafterzeugungs- und Übertragungsanlage letzten Endes der Gesichtspunkt der größten Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebes, der günstigsten Verzinsung des gesamten Anlage- und Betriebskapitals bzw. der weitmöglichsten Verminderung der auf die Produktionseinheit entfallenden Produktionskosten entscheidend.

Irgendeine neuartige Lösung für den Antrieb einer Arbeitsmaschine, z. B. einer Ringspinnmaschine oder eines Selfaktors, mag technisch noch so elegant und bemerkenswert sein; ihre praktische Einführung wird auf die Dauer nur dann möglich sein, wenn diese Lösung zugleich eine Hebung der Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebes bewirkt.

Um nun den Einfluß genauer kennenzulernen, den die elektrische Antriebsweise der einzelnen Arbeitsmaschinen in der Textilindustrie auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebes unmittelbar oder mittelbar ausübt, wollen wir zunächst einen kurzen Blick werfen auf die Zusammensetzung der Produktionskosten sowie auf die Faktoren, welche die Höhe der auf die Produktionseinheit entfallenden Produktionskosten vermindern.

[1]) Zur Beseitigung von Mißverständnissen sei von vornherein betont, daß die elektrische Antriebsweise der einzelnen Arbeitsmaschinen in der Textilindustrie nicht notwendig bedeutet, daß, wie es vielfach noch geglaubt wird, die hierzu benötigte elektrische Energie von einem Überland-Elektrizitätswerk bezogen werden müsse. Es wird vielmehr gerade in Deutschland, wo billige Wasserkräfte selten sind, in den meisten Fällen Eigenerzeugung der elektrischen Energie in eigener Kraftzentrale durch Kondensations-, Entnahme- oder Gegendruck-Turbinen bzw. durch Wasserturbinen in Frage kommen.

Wir beabsichtigen natürlich nicht, eine für alle Spinnereien und Webereien allgemein gültige Produktionskostengliederung zu geben, was ja schon aus dem Grunde nicht durchführbar ist, weil die Verhältnisse, welche die Höhe der einzelnen Konten bestimmen, wie z. B. der Standort der betreffenden Fabrik (Frachtkosten, Kohlenkosten, Wasserkraft usw.), Nummer und Art der erzeugten Garne, Art der erzeugten Gewebe, maschinelle Einrichtung der Fabrik usw., für jede Anlage verschieden sind.

Die Bilder 1—10[1]) beabsichtigen vielmehr nur, für einige Beispiele die grundsätzliche Gliederung der Produktionskosten, den verhältnismäßigen Anteil der einzelnen Konten an den gesamten Produktionskosten sowie die Änderung der Produktionskosten mit der Größe der Produktion darzustellen.

Wir haben in allen Beispielen auf der Abszissenachse die Größe der jährlichen Produktion und auf der Ordinatenachse die Größe der hierbei entstehenden Produktionskosten bzw. des Reingewinnes aufgetragen. Der Maßstab für die Größe der Produktion ist der gleiche, wie für die Größe der Selbstkosten bzw. des Reingewinnes, d. h. diese drei Größen sind in derselben Einheit ausgedrückt, die sowohl Reichsmark als auch kg Baumwolle bzw. kg Garn, kg Kohle usw. sein kann.

Bild 1 stellt ein Produktionskosten-Diagramm dar für die Erzeugung von 40er Warpkops aus

[1]) Darstellung nach Professor Friedrich Leitner: „Die Selbstkostenberechnung industrieller Betriebe." Frankfurt a. M. 8. Auflage 1923. Seite 275.

fully good middling Texas im Jahre 1913. Z bedeutet die jährlichen Ausgaben für Verzinsung des gesamten Anlage- und Betriebskapitals (5 %), A die jährlichen Ausgaben für Abschreibung (10 %). U die Summe der Betriebs- und Handlungsunkosten, soweit sie nicht durch Z und A sowie durch

K = jährliche Kosten für Kraft, Heizung und Beleuchtung, und

L = jährliche Ausgaben für Löhne schon berücksichtigt wurden.

M = bedeutet die jährlichen Ausgaben für Baumwolle.

Die Gerade s stellt dann die Summe der Produktionskosten S in Abhängigkeit von der Größe der jährlichen Produktion und p die Größe der jährlichen Produktion selbst dar.

Wir haben hier angenommen, daß ebenso wie Z und A auch die Ausgaben für Betriebs- und Handlungsunkosten unabhängig von der Größe der jährlichen Produktion gleichbleiben, was auch im Großen und Ganzen, wenigstens innerhalb der praktisch vorkommenden Produktionsschwankungen, zutreffen wird. Dagegen haben wir angenommen, daß die jährlichen Ausgaben für Kraft, Heizung und Beleuchtung sowie für Löhne in geradem Verhältnis mit der Produktion ansteigen, was bei gleichbleibender Anzahl der im Betrieb befindlichen Maschinen nur zutrifft, wenn der Akkordsatz auch bei Erhöhung der Maschinenproduktion gleichbleibt oder wenn die Produktionserhöhung durch Verlängerung der Arbeitszeit, zwei bzw. drei Schichten statt einer, erzielt wird.

In Bild 2 ist die Abhängigkeit des Reingewinnes von der Größe der jährlichen Produktion, d. h. von dem Grade der Ausnutzung des Maschinenparkes, durch die Gerade g dargestellt.

Für den Fall, daß die Lohnsumme je Arbeiter konstant bleibt bei Erhöhung der Produktion durch Erhöhung der Maschinenleistung (bei gleichbleibender Maschinenzahl), gilt

g' statt g.

Die Lage dieser Gewinngeraden g bzw. g' ist bestimmt durch U_k, die Summe der von der Größe der Produktion unabhängigen Kosten und die Tangente des Winkels γ. Bezeichnen wir den prozentualen Anteil der Kosten der Baumwolle am Verkaufswert des Fertigproduktes mit

$$\operatorname{tg} \alpha_m, \ (M = P \cdot \operatorname{tg} \alpha_m),$$

den der Lohnkosten mit

$$\operatorname{tg} \alpha_1, \ (L = P \cdot \operatorname{tg} \alpha_1),$$

und den der Kraft- usw. Kosten mit

$$\operatorname{tg} \alpha_k, \ (K = P \cdot \operatorname{tg} \alpha_k),$$

so ist:

$$\operatorname{tg} \gamma = 1 - (\operatorname{tg} \alpha_m + \operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_k),$$

da der Reingewinn

$$\begin{aligned} G = P - S = P - [U_k + P \cdot (\operatorname{tg} \alpha_m + \operatorname{tg} \alpha_1 \\ + \operatorname{tg} \alpha_k)] \\ = P \ . \ [1 - (\operatorname{tg} \alpha_m + \operatorname{tg} \alpha_1 + \operatorname{tg} \alpha_k)] \\ - U_k \\ = P \cdot \operatorname{tg} \gamma - U_k \end{aligned}$$

ist.

Die Tangente des Winkels γ gibt an, wie der Reingewinn sich ändert bei Änderung der Produktion, und zwar ist

$$d\,G = \operatorname{tg} \gamma \cdot d\,P,$$

wenn d G die Höhe des Mehrgewinnes und d P die Größe der Mehrproduktion bedeuten. (Beide sind in einem gemeinsamen Maßstabe auszudrücken, der, wie bereits erwähnt, sowohl Reichsmark als auch kg Baumwolle usw. sein kann.) Bei der Produktion $P = P_0$, der sogenannten kritischen Produktion, wird der Reingewinn $G = 0$. Unterhalb dieser Produktion tritt Verlust ein.

Aus Bild 2 geht deutlich hervor, daß bei einer Produktionssteigerung der Reingewinn prozentual wesentlich stärker ansteigt als die Produktion, und zwar ist die prozentuale Steigerung des Reingewinnes bei einer bestimmten Mehrproduktion um so größer, je näher die ursprüngliche Produktion bei der kritischen Produktion P_0 liegt.

Um den Einfluß zu erkennen, den eine Änderung des Baumwollpreises in dieser Darstellung hat, wollen wir einmal annehmen, daß alle Kosten sowie auch der Verkaufswert der Produktion und der Reingewinn in kg der verarbeiteten Baumwolle ausgedrückt seien. Sinkt nun der Baumwollpreis z. B. um 20 % (in Reichsmark ausgedrückt), so werden die Kosten Z, A, U, K und L im Verhältnis 5 : 4 (in kg Baumwolle ausgedrückt) steigen.

Damit steigt auch die Summe der Produktionskosten (in kg Baumwolle ausgedrückt) auf (S-M) · 1,25 + M. Damit der Prozentsatz des Reingewinnes bei der gleichen Produktionsmenge der gleiche bleibt, muß zugleich der Garnpreis (in kg Baumwolle ausgedrückt) steigen.

Bezeichnet x das Verhältnis zwischen Garnpreis nach der Änderung des Baumwollpreises zu dem Garnpreis vorher (beides in kg Baumwolle), y das Verhältnis zwischen Baumwollpreis in Reichsmark nach der Preisänderung zu dem Baumwollpreis vorher, und z das Verhältnis zwischen M zu (S — M) vor der Preisänderung, so gelten die Gleichungen:

$$x = \frac{1 + z \cdot y}{(1 + z) \cdot y} \quad \text{oder} \quad x \cdot y = \frac{1 + z \cdot y}{1 + z}$$

für die Bedingung, daß bei gleicher Produktionsmenge der Gewinnprozentsatz der gleiche bleibt und eine Änderung von S — M, der Summe der Produktionskosten ohne Kosten der Baumwolle, in Reichsmark ausgedrückt, nicht eintritt.

In unserem Beispiel (Bild 1) würde eine Senkung des Baumwollpreises um 20% unter diesen Bedingungen eine Änderung des Garnpreises auf das 1,075fache, in kg Baumwolle ausgedrückt, und auf das 0,86fache, in Reichsmark ausgedrückt, zur Folge haben.

$$x \times 0{,}8 = \frac{1 + 2{,}29 \cdot 0{,}8}{1 + 2{,}29} = 0{,}86$$
$$x = 1{,}075.$$

Für die Darstellung in Bild 2 (in Reichsmark) würde die Preissenkung der Baumwolle eine Drehung der Geraden g um den Schnittpunkt mit der Ordinatenachse im Sinne einer Vergrößerung des Winkels γ von tg γ = 0,24 auf tg γ = 0,27 bzw. von 0,33 auf 0,36 bei von der Produktion unabhängigen Löhnen (g′) bedeuten.

Die Gültigkeit der Darstellung nach Bild 1 und 2 wird also durch eine Änderung des Baumwollpreises nicht berührt. Es tritt lediglich eine Drehung der Gewinngeraden g um den Schnittpunkt mit der Ordinatenachse ein.

Was bedeutet nun eine Steigerung der Produktion um 10% in Beispiel 2 für die Höhe des Reingewinnes? Nehmen wir an, die Spinnerei arbeite mit 25 000 Ringspindeln, so ist die jährliche Produktion an 40er Warpkops etwa 20 kg je Spindel oder etwa 500 000 kg Garn im ganzen mit einem Werte von etwa 1 170 000 M., (1913). Die Größe des Reingewinnes ist bei dieser Normalproduktion nach dem Schaubild: G = 85 000 M. Bei einer Steigerung der Produktion um 10 %, also um 50 000 kg Garn oder 117 000 M., steigt der Reingewinn nach Bild 2

um 117 000 × 0,24 = 28 100 M.
bei proportionalen Löhnen
und um 117 000 × 0,33 = 38 600 M.
bei konstanten Löhnen.

Mit einer Mehrproduktion von 10% ist daher in diesem Beispiel eine Steigerung des Reingewinns um 33% bzw. 45,5% des bei der Normalproduktion von 500 000 kg/Jahr erzielten Reingewinnes verbunden.

Bild 3 bis 6 geben die gleiche Darstellung der Produktionskosten und des Reingewinns in Abhängigkeit von der Größe der Produktion für 20er (engl.) Warpkops aus good middling american für 1913 (Bild 3 und 4) und für 36er (engl.) Warpkops aus good middling american (September 1925). (Bild 5 und 6.)

Man erkennt deutlich, daß der verhältnismäßige Anteil der konstanten Kosten (Verzinsung, Abschreibung, Unkosten usw.) an den gesamten Produktionskosten infolge der gegenwärtigen hohen Zinssätze heute wesentlich größer ist als 1913. Infolgedessen ist auch der Mehrgewinn, der heute durch die gleiche Produktionssteigerung erzielt wird, wesentlich größer als 1913, wie ein Blick auf Bild 6 zeigt. Die Tangente des Winkels γ ist im Beispiel Bild 6 = 0,37 bzw. = 0,43 bei konstanten Löhnen, so daß dG = 0,37 · dP bzw. 0,43 · dP ist. Rechnen wir mit einer Normalproduktion von 600 000 kg Garn/Jahr entsprechend 2 900 000 M., so hat eine Produktionssteigerung von 10 % = 290 000 M. eine Steigerung des Reingewinns um 107 250 bzw. 125 000 M. zur Folge. Der Reingewinn würde also steigen von 228 000 M. auf 335 250 bzw. 353 000 M., d. h. um 47 % bzw. 55 %.

Bild 7 bis 10 geben die Produktionskostendiagramme für Baumwollwebereien, und zwar Bild 7 und 8 für Baumwolle, 1 m breit, 36/28 je cm, aus 30/48 (engl.) für 1905 und Bild 9 und 10 für 88 cm Cretonnes, 16/16 je frz. Zoll aus 20/20er (engl.) für September 1925. Auch in diesen Diagrammen ist der prozentual wesentlich stärkere Anstieg des Reingewinns bei verhält-

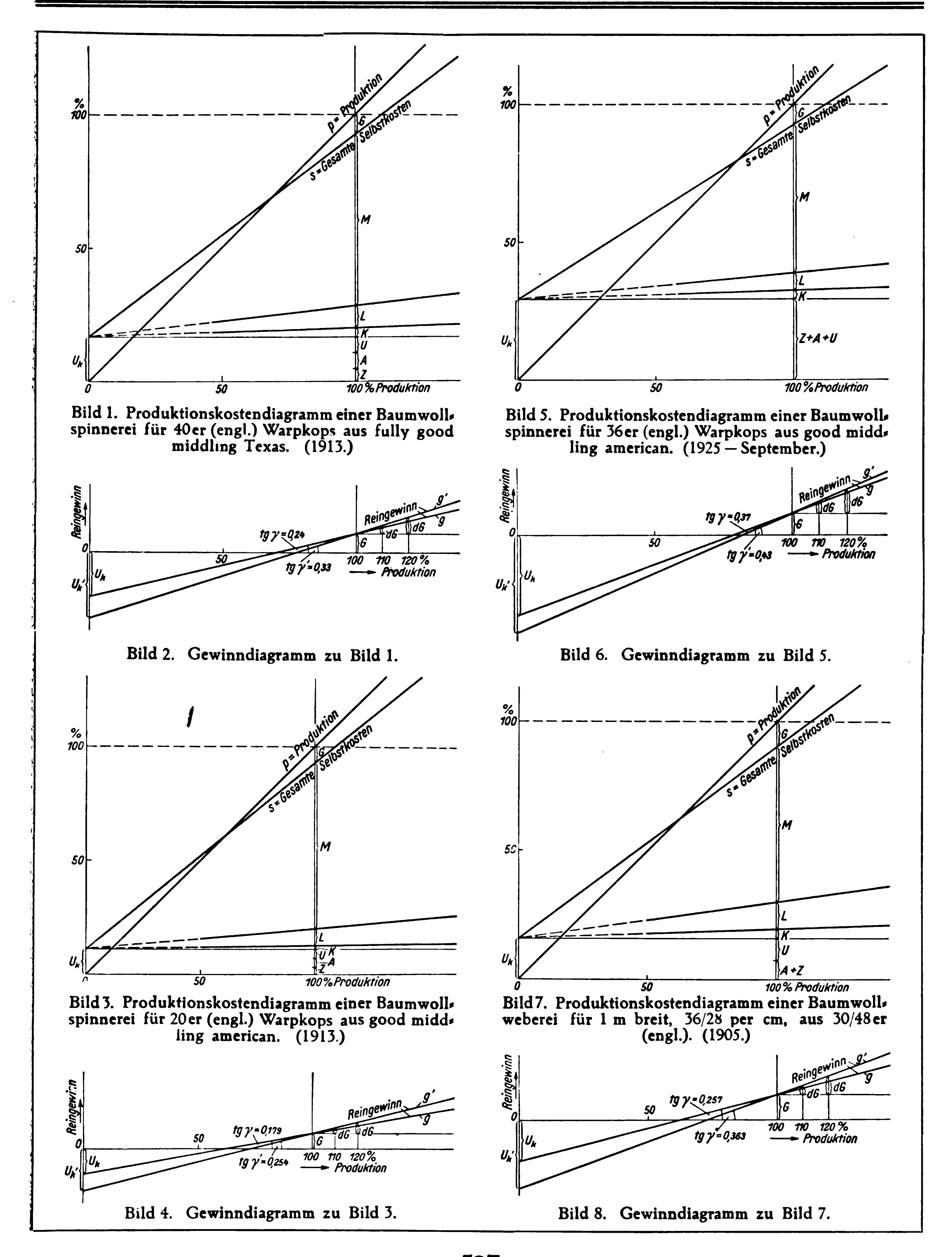


Bild 1. Produktionskostendiagramm einer Baumwollspinnerei für 40er (engl.) Warpkops aus fully good middling Texas. (1913.)

Bild 2. Gewinndiagramm zu Bild 1.

Bild 3. Produktionskostendiagramm einer Baumwollspinnerei für 20er (engl.) Warpkops aus good middling american. (1913.)

Bild 4. Gewinndiagramm zu Bild 3.

Bild 5. Produktionskostendiagramm einer Baumwollspinnerei für 36er (engl.) Warpkops aus good middling american. (1925 — September.)

Bild 6. Gewinndiagramm zu Bild 5.

Bild 7. Produktionskostendiagramm einer Baumwollweberei für 1 m breit, 36/28 per cm, aus 30/48er (engl.). (1905.)

Bild 8. Gewinndiagramm zu Bild 7.

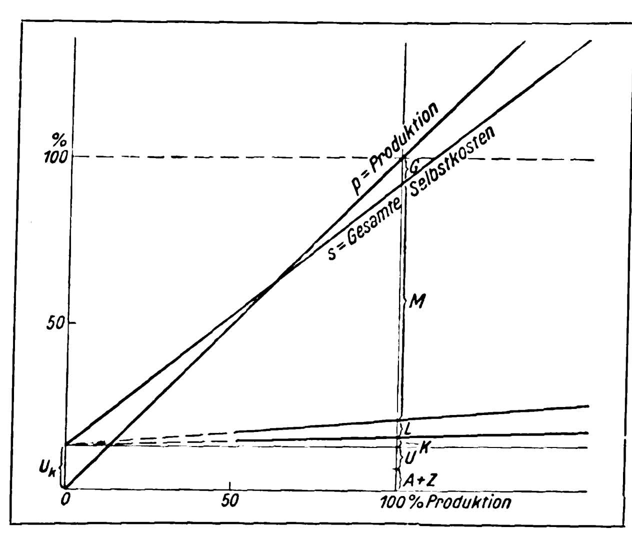


Bild 9. Produktionskostendiagramm einer Baumwollweberei für 88 cm Cretonnes, 16/16 (frz.) aus 28/20er. (September — 1925.)

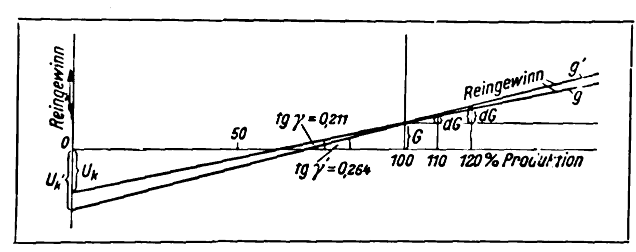


Bild 10. Gewinndiagramm zu Bild 9.

nismäßig geringer Produktionssteigerung deutlich zu erkennen.

Die Beispiele in Bild 1—10 lassen die große Bedeutung augenfällig erkennen, welche die größtmögliche Steigerung der Produktion durch weitestgehende Ausnutzung der Arbeitsmaschinen (oder auch durch Betrieb in 2—3 Schichten statt einer) für das wirtschaftliche Ergebnis auch der textilindustriellen Betriebe hat.

Im folgenden wollen wir nun kurz untersuchen, in welcher Weise und in welchem Grade durch den elektrischen Einzelantrieb die Produktionskosten der Produktionseinheit herabgesetzt bzw. die Produktionsausbeute der Arbeitsmaschinen gesteigert wird.

Ehe wir im einzelnen auf die wirtschaftlichen Vorteile der Sonderantriebe für die wichtigsten Textilmaschinen eingehen, wollen wir uns zunächst kurz die hauptsächlichsten allgemeinen Vorteile der elektrischen Antriebsweise und ihren Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit der Betriebe vergegenwärtigen.

Die Vorteile des weitgehend durchgeführten elektrischen Einzelantriebes bzw. der rein elektrischen Kraftübertragung gegenüber der mechanischen Kraftübertragung durch Seil- und Riementriebe, Transmissionen und Vorgelege, bestehen darin, daß die Nachteile des Transmissionsbetriebes in Fortfall kommen.

Das Fehlen von Transmissionssträngen, Vorgelegen usw. bedeutet z. B. bei Neuanlagen und Erweiterungen bzw. Umbauten eine Verminderung der Gebäudekosten, da

1. die Gebäude, Pfeiler usw. wesentlich leichter ausgeführt werden können und zugleich die Zahl der Pfeiler vermindert werden kann,
2. infolge der vollkommenen Unabhängigkeit von der Lage von Transmissionssträngen — bei elektrischem Einzelantrieb erfolgt die Energiezuführung in biegsamen Kabeln und ist daher unabhängig von den räumlichen Verhältnissen — der zur Verfügung stehende Raum bei der Aufstellung der Arbeitsmaschinen sowie der Kraft- und Kesselanlage wesentlich besser ausgenutzt werden kann.

Berücksichtigt man ferner, daß die Anschaffungskosten der bei Transmissionsbetrieb verwendeten langsamlaufenden Kolbendampfmaschinen einschließlich Maschinenhaus, Fundamenten und Montage, wesentlich höher sind als die entsprechenden Kosten von Dampf-Turbosätzen, so wird es verständlich, daß die Gesamt-Anlagekosten bei Neuanlage von Textilfabriken bei Wahl des elektrischen Einzelantriebes nicht größer, sondern eher geringer sind als bei Transmissionsbetrieb.

Zugunsten des elektrischen Einzelantriebes spricht ferner die Verminderung der Kosten des Kraftbetriebes.

Der Kohlenverbrauch wird geringer durch Verminderung der Kraftübertragungsverluste, die bei reinem Transmissionsbetrieb, auch bei bester Ausführung der Transmissionsanlage, die Verluste bei rein elektrischer Kraftübertragung (Einzelantrieb, kein Gruppenantrieb) mehr oder weniger übersteigen. Durch gründliche Vergleichsmessungen in der Praxis wurde in vielen Fällen die Höhe der Kraftübertragungsverluste zu 35—45 % der Kraftmaschinenleistung, je nach Art und Zustand der Transmissionsanlage, festgestellt gegenüber Übertragungsverlusten von etwa 25—30 % bei rein elektrischer Kraftübertragung. Beispielsweise betragen bei rein mechanischer Kraftübertragung in vielen Fällen

allein schon die in der ersten Seilübertragung von der Dampfmaschine auf die Hauptwellen in den einzelnen Stockwerken, die in Bild 11 besonders deutlich zutage tritt, auftretenden Verluste 12 % und mehr der Dampfmaschinenleistung. Bei elektrischem Gruppenantrieb sind allerdings die Übertragungsverluste insgesamt nicht wesentlich geringer als bei guter Transmissionskraftübertragung[1]).

Besonders nachteilig für den Transmissionsbetrieb in Textilfabriken ist nämlich die Tatsache, daß im allgemeinen in Spinnereien nur etwa 70—80 %, in Webereien nur etwa 60—80 % aller Arbeitsmaschinen gleichzeitig in Betrieb sind. Hierdurch tritt infolge der ungefähr gleichbleibenden Verluste in den leerlaufenden Transmissionen und Vorgelegen eine starke Wirkungsgradverschlechterung gegenüber dem Betrieb mit Vollbelastung ein. Würde z. B. der Kraftübertragungswirkungsgrad bei Transmissionsbetrieb bei Vollbelastung sämtlicher Arbeitsmaschinen 70 % betragen, so sinkt dieser Wirkungsgrad auf etwa 60 %, wenn 35 % der Gesamtzahl der Arbeitsmaschinen aus betrieblichen Gründen (Fadenbrüchen, Einrichten neuer Ketten, Nachsehen der Ware usw.) stillstehen.

Ferner werden die Kohlenkosten des Kraftbetriebes bei rein elektrischen Einzelantrieben dadurch wesentlich vermindert, daß bei dieser die Zentralisierung der Krafterzeugung in einem neuzeitlichen Dampf-Turbosatz, gegebenenfalls mit Heizdampfausnutzung im Entnahmebetriebe, gestattet, dessen Dampfverbrauch und damit Kohlenverbrauch je PS/h um etwa 20—30 % geringer ist als der einer Kolbendampfmaschine. Die Kohlenkosten stellen sich also in einer Textilfabrik mit eigener neuzeitlicher Kraftanlage bei elektrischem Einzelantrieb im allgemeinen um etwa 30—40 % (häufig sogar bis 50 %) geringer als bei Transmissionsbetrieb und Krafterzeugung in Kolbendampfmaschinen.

Auch die Kosten für Wartung und Instandhaltung der Kraftanlage und der Kraftübertragungsanlage sind bei elektrischem Einzelantrieb bedeutend geringer als bei Transmissionsbetrieb,

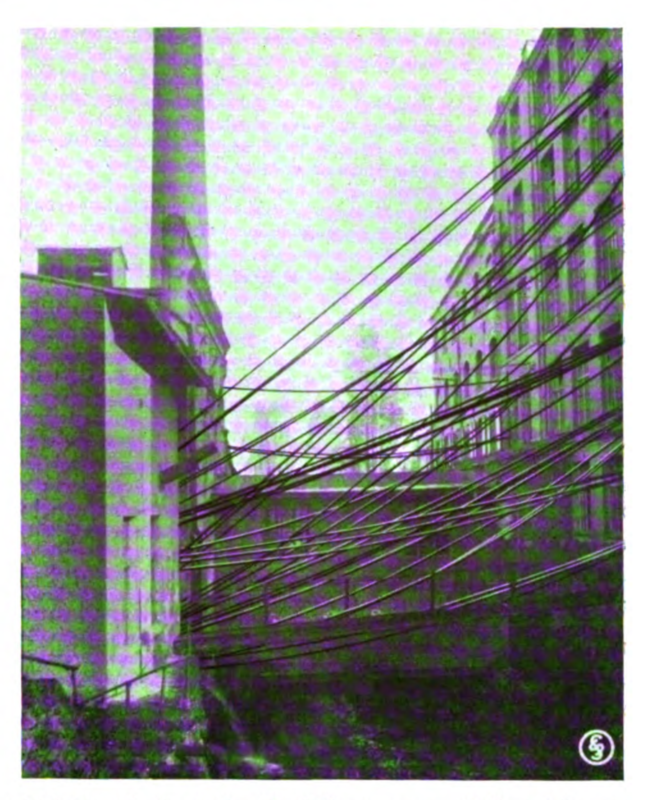


Bild 11. Mechanische Kraftübertragung, Seilantrieb von der Seiltrommel der Kolbendampfmaschine auf die Haupttransmissionen in den verschiedenen Stockwerken der Spinnerei und Weberei.

da bei ersterem das Warten und Schmieren der Transmissionslager sowie der Zylinder usw. der Kolbendampfmaschinen usw. in Fortfall kommen. Die Minderkosten bei elektrischem Einzelantrieb durch Fortfall der Ausgaben für Öl, Putz- und Dichtungsmaterial usw. sind in Höhe von etwa 10 % der Kohlenkosten bei Transmissionsbetrieb einzusetzen.

Die Betriebskosten der Kraftanlage sind demnach bei elektrischem Einzelantrieb nur etwa gleich $^1/_2$ bis $^3/_5$ derjenigen bei Transmissionsbetrieb.

Hiermit wird verständlich, daß die Kosten der Umstellung von Transmissionsbetrieb auf elektrischen Einzelantrieb — auch bei vorhandenen Anlagen — mit eigener Dampfkrafterzeugung sich allein schon durch die Verminderung der Kosten des Kraftbetriebes in kurzer Zeit bezahlt machen.

Noch wesentlich wichtiger als die Verminderung der Kosten des Kraftbetriebes sind für die Hebung der Gesamtwirtschaftlichkeit der Textilfabriken die be-

[1]) Vgl. hierzu: „Die Elektrizität und die Textilindustrie" von Dipl.-Ing. Obstfelder, Leipzig 1912, „Kraftfluß und mechanisches Triebwerk" von Dipl.-Ing. Krabbe, Dessau, in „Betrieb", Heft 20, 1922, „Versuche an Transmissionen" von Lincke, in „Maschinenbau", Heft 12, 1923 u. a.

triebstechnischen Vorteile des elektrischen Einzelantriebes, die durch Rückwirkung auf den Fabrikationsbetrieb sowohl eine Hebung der Menge und Güte der erzeugten Ware als auch eine Verminderung der Produktionskosten selbst zur Folge haben.

Durch Beseitigung der platz- und lichtraubenden, staubaufwirbelnden Riementransmissionen und Vorgelege treten bei elektrischem Einzelantrieb an Stelle der häufig ungenügend und unruhig beleuchteten Arbeitsplätze helle, reinliche und ruhige Arbeitsräume.

Zugleich wird auch die Zugänglichkeit der Arbeitsmaschinen unter gleichzeitiger Verminderung der Unfallgefahr verbessert.

Der schon festgestellte Fortfall der Abhängigkeit in der Aufstellung der Arbeitsmaschinen von Transmissionen gestattet deren Anordnung lediglich nach den Gesichtspunkten der besten Beleuchtung, bester Zugänglichkeit und einfachster Bedienung der Maschinen sowie kürzester Transportwege für das Material.

Es ist einleuchtend, daß die hierdurch erzielte leichtere, bequemere und schnellere Bedienung und Überwachung der Maschinen in Verbindung mit der größeren Reinlichkeit der Arbeitsräume gleichbedeutend ist mit einer Verminderung der Stillstände, Verkürzung der Arbeitspausen, Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit, infolgedessen Produktionssteigerung und zugleich Verbesserung der Qualität der erzeugten Ware.

Ein weiterer die Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebes günstig beeinflussender Vorteil der elektrischen Kraftübertragung ist ferner die durch Fortfall der Transmissionen erzielte Einfachheit und Übersichtlichkeit sowohl des Fabrikationsbetriebes als auch des Kraftflusses, die eine bessere Überwachung des Fabrikations- sowie des Kraftbetriebes ermöglichen. Durch Strom- oder Leistungsmesser kann der Zustand jeder Arbeitsmaschine leicht überwacht und jede Unregelmäßigkeit, die sich in einer Änderung des Kraftbedarfs anzeigt, rechtzeitig erkannt und beseitigt werden.

Während bei Transmissionsbetrieb, z. B. durch das Heißlaufen irgendeines Transmissionslagers oder durch einen Riemen- bzw. Seiltriebschaden häufig eine ganze Gruppe von Arbeitsmaschinen außer Betrieb gesetzt wird, was einen mehr oder weniger großen Produktionsausfall bedeutet, ist die Betriebssicherheit bei elektrischem Einzelantrieb wesentlich größer, da bei diesem Störungen und damit verbundene Stillstände leichter örtlich begrenzt werden können. Infolgedessen: geringerer Produktionsausfall durch Störungen, was gleichbedeutend ist mit einer Vergrößerung der Produktion gegenüber Transmissionsbetrieb.

Ein schwerwiegender Nachteil der rein mechanischen Kraftübertragung durch Seil- bzw. Riementriebe ist ferner der, daß Schwankungen im Kraftbedarf irgendeiner Maschine durch Änderung des Riemenschlupfes und damit der Drehzahl der antreibenden Transmissionen auch die Drehzahl der übrigen, von einer Transmission angetriebenen Arbeitsmaschinen störend beeinflussen. Bei der mechanischen Kraftübertragung sind in der Regel mehrere Riemen- bzw. Seiltriebe hintereinander geschaltet. Infolge der bei Belastungsschwankungen durch Zu- und Abschalten von Maschinen sowie durch die ungleichmäßige Leistungsaufnahme der Maschinen selbst in allen hintereinander geschalteten Riemen- und Seiltrieben auftretenden Änderungen des Riemenschlupfes übertragen sich alle Belastungsschwankungen an irgendeiner Stelle der Transmissionsanlage in mehr oder weniger großem Maße auf alle übrigen Arbeitsmaschinen derart, daß die ganze Transmissionsanlage dauernden Drehzahlschwankungen unterworfen ist. Durch zahlreiche Messungen im praktischen Betriebe wurden z. B. an Transmissionen in Selfaktor- und Webstuhlsälen unaufhörlich rasch aufeinanderfolgende Drehzahlschwankungen in Höhe von durchschnittlich $\pm$ 5% und maximal sogar $\pm$ 10%, im ganzen also 10% bzw. 20% festgestellt. Vgl. hierzu Bild 12. Diese dauernden Drehzahlschwankungen der Transmissionen bzw. Vorgelege zwingen dazu, die Arbeitsmaschinen, z. B. Webstühle, mit einer geringeren Drehzahl zu betreiben, als bei gleichbleibender Drehzahl möglich wäre. Da aber außer den Drehzahlschwankungen auch infolge der geschilderten gegenseitigen störenden Beeinflussung aller Arbeitsmaschinen noch Torsionsschwingungen in den Transmissions-Wellensträngen auftreten, sind bei Transmissionsbetrieb trotz der Herabsetzung der

Drehzahl doch noch zahlreiche Fadenbrüche und sonstige Störungen an den Arbeitsmaschinen unvermeidlich. Beispielsweise werden in vielen Webereien zur Vermeidung des störenden Einflusses der Torsionsschwingungen schwere Webstühle in die Nähe der Hauptantriebsscheibe der Transmissionen gesetzt, weil ein befriedigendes Arbeiten des Webstuhles in größerer Entfernung von der Antriebsscheibe infolge der dann auftretenden Torsionsschwingungen unmöglich ist.

Bei dem elektrischen Einzelantrieb dagegen ist eine gegenseitige störende Beeinflussung bei zweckmäßiger Durchbildung der Kraftverteilungsanlage nicht möglich, weil hier die einzelnen Leistungsflüsse sich erst in dem großen Zentralengenerator vereinigen. Gegenseitige störende Beeinflussungen der Drehzahl könnten hierbei nur dann eintreten, wenn die Belastungsschwankungen bei irgendeiner Arbeitsmaschine so groß wären, daß hierdurch die Drehzahl des Zentralen-Turbosatzes beeinflußt würde. Da die Leistungsaufnahme der einzelnen Arbeitsmaschinen im Verhältnis zur gesamten Turbo-Leistung in der Textilindustrie jedoch sehr gering ist, sind die infolge von Belastungsschwankungen auftretenden Frequenzschwankungen sehr klein, wie Bild 12 zeigt.

Der hiermit erklärte bedeutend ruhigere und gleichmäßigere Betrieb mit elektrischen Einzelantrieben ausgerüsteter Arbeitsmaschinen hat, wie die praktische Erfahrung beweist, eine wesentliche Verminderung der Fadenbrüche und sonstiger Störungen im Betriebe der Arbeitsmaschinen zur Folge und gestattet infolgedessen eine beträchtlichere Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit gegenüber der mittleren Arbeitsgeschwindigkeit bei Transmissionsbetrieb, bei gleichzeitiger Verbesserung der Qualität der erzeugten Ware.

Ein weiterer Vorteil des elektrischen Einzelantriebes, der die Ausnutzung vieler Arbeitsmaschinen beträchtlich steigert, ist die weitgehende Anpassungsfähigkeit an die jeweiligen Betriebsbedingungen, die z. B. verlangen: Änderung der Arbeitsgeschwindigkeit entsprechend der Art der erzeugten Ware und entsprechend dem Arbeitsvorgang (Ringspinnmaschinen, Zeugdruckmaschinen, Kalander usw.) besonders sanften Anlauf (Flyer), synchronen An- und Auslauf mehrerer Motoren (Mehrfach-Krempelsätze), schnelle Bedienung von Maschine und Antrieb u. a. m. Es sind uns daher auch zahlreiche Fälle bekannt geworden, in denen die durch den elektrischen Einzelantrieb erzielte Produktionssteigerung eine derartige Lohnerhöhung der an den elektrischen Webstühlen, Spinnstühlen usw. beschäftigten Leute zur Folge hatte, daß hierdurch die Unzufriedenheit der noch an den von Transmission angetriebenen Maschinen arbeitenden Leute hervorgerufen wurde.

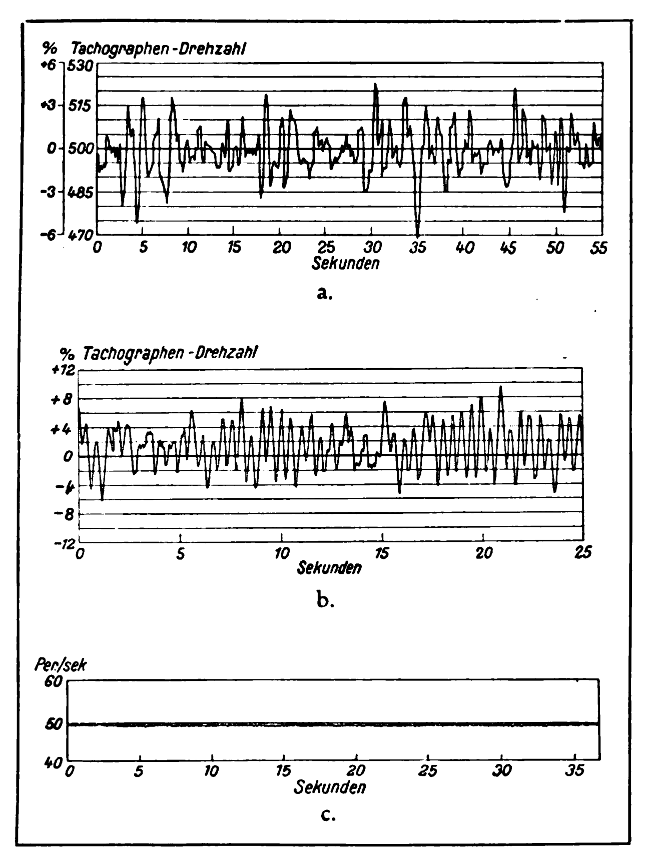


Bild 12. Drehzahlschaubilder.

a = durch Dampfmaschine angetriebene Transmission zum Antrieb von 19 Baumwollselfaktoren.
b = Transmission zum Antrieb von 20 Webstühlen.
c = Frequenz eines Drehstrom-Turbosatzes.

An Hand einiger Beispiele wollen wir nun feststellen, in welcher Weise und mit welchem Erfolge die geschilderten Vorteile des elektrischen Einzelantriebes in der Spinnerei, Weberei und Veredelung nutzbar gemacht werden.

Bezüglich der technischen Ausführung und Arbeitsweise der besprochenen Sonderantriebe sei auf die betreffenden Aufsätze dieses Sonderheftes hingewiesen.

1. Vorbereitungs-Maschinen. Die Anforderungen, die diese Maschinen an den elek-

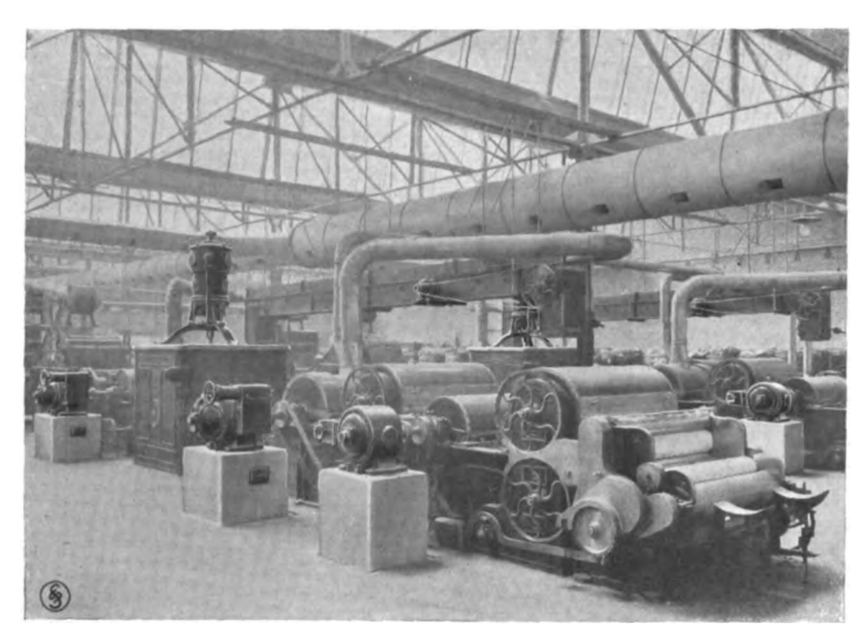


Bild 13. Baumwollöffnersatz: Ballenbrecher, Kastenspeiser, Crightonöffner, Saugöffner, Vorschlagmaschine.
Weniger Reparaturen, weniger Stillstände, Produktionsvermehrung, geringerer Energieverbrauch, leichtere Gebäude, bessere Beleuchtung.

trischen Einzelantrieb hinsichtlich guter Zugänglichkeit der Arbeitsmaschine, guter Beleuchtung des Arbeitsplatzes, bequemer und schneller Bedienung von Maschine und Antrieb, einfacher Bedienung und Wartung des elektrischen Antriebes, Reinlichkeit des Betriebes, Betriebssicherheit und Betriebsbereitschaft u. a. stellen, werden, wie z. B. Bild 13 zeigt, durch den elektrischen Einzelantrieb, z. T. in Sonderausführung (Vertikalöffner), in vollkommener Weise erfüllt.

2. Flyer (Bild 14). Die Hauptanforderungen, die der Flyer zur Erzielung höchster Produktion bei bester Garn-Qualität an seinen Antrieb stellt, sind vor allem, außer den unter 1. (Vorbereitungs-Maschinen) erwähnten, folgende: stoßfreier, sanfter Anlauf, Drehzahlkonstanz während des Spinnens und die Möglichkeit, die Flügel schnell und bequem um kleine Winkel drehen zu können, um das Anknüpfen gerissener Fäden zu erleichtern. Alle diese Anforderungen werden durch den von den SSW durchgebildeten Flyer-Sonderantrieb erfüllt, mit dem Erfolg, daß durch Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit infolge Fortfalls der Transmissions-Drehzahlschwankungen, durch Verminderung der Fadenbrüche und der durch diese verursachten Stillstände, sowie durch Abkürzung der Stillstandzeiten infolge schnellerer und bequemerer Bedienung der Maschine ihre Produktion um etwa 10—15 % gegenüber dem Transmissionsbetrieb gesteigert wird. Außerdem wird gleichzeitig eine Verbesserung der Garnqualität sowie eine Verminderung der übrigen Produktionskostenanteile durch die früher geschilderten allgemeinen Vorteile des elektrischen Einzelantriebes erzielt.

3. Selfaktor (Bild 15). Der Selfaktor stellt infolge der periodisch auftretenden großen Schwankungen im Kraftverbrauch besonders schwierige Anforderungen an den elektrischen Einzelantrieb.

Gerade diese starken Kraftbedarfs-Schwankungen verursachen jedoch bei Transmissionsbetrieb, ebenso wie bei Gruppenantrieb mehrerer Selfaktoren, durch die hierbei, wie früher geschildert, unvermeidliche gegen-

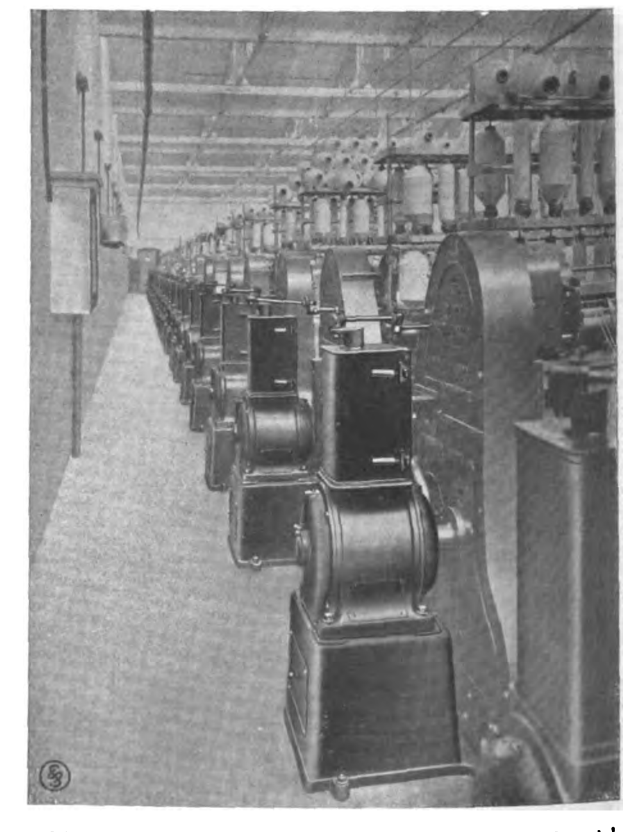


Bild 14. Baumwollflyersaal: Elektrischer Einzelantrieb durch staubdicht gekapselte Flyermotoren.
Sanfter, einstellbarer Anlauf, leichtes Ausrichten der Spinnflügel, Produktionsvergrößerung um 10—15 %, Verbesserung der Qualität, bessere Beleuchtung.

seitig störende Beeinflussung (Drehzahl-Schwankungen durch Riemenschlupf) häufige Fadenbrüche und Ungleichmäßigkeiten im gesponnenen Faden und zwingen dadurch zur Verminderung der Arbeitsgeschwindigkeit.

Nach Beseitigung der gegenseitigen Störung der Arbeitsspiele durch den elektrischen Einzelantrieb konnte durch Erhöhung der Arbeitsgeschwindigkeit, Verminderung der Fadenbrüche und der hierdurch verursachten Stillstände eine Produktionserhöhung von etwa 6–15 % unter gleichzeitiger Verbesserung der Garnqualität erzielt werden.



Bild 15. Kammgarnselfaktoren mit elektrischen Einzelantrieben.
Keine gegenseitige Störung. Gleichmäßigkeit der aufeinanderfolgenden Geschwindigkeitsspiele. Produktionsvermehrung bis zu 15 %. Bessere Fadenqualität. Weniger Fadenbrüche.

In neuerer Zeit haben die SSW einen neuen, patentrechtlich geschützten Selfaktorantrieb mit vergrößertem Kippschlupf und Kippmoment herausgebracht, der durch Verkürzung der Anlaufperiode bei gleichzeitiger größerer Schonung der Riemen eine weitere Produktionssteigerung um etwa 2–3 % bringt.

4. Ringspinnmaschinen (Bild 16). Die Ringspinnmaschine stellt besonders weitgehende Anforderungen an die Regelbarkeit des elektrischen Antriebes, deren Befriedigung durch Sonderantriebe allerdings auch bedeutende wirtschaftliche Vorteile bringt.

Drei Gesichtspunkte sind es, die eine Änderung der Spindeldrehzahl der Ringspinnmaschine fordern: a) Anpassung der Grundspindeldrehzahl an die gesponnene Garnnummer und Garnsorte, b) Änderung der Spindeldrehzahl während eines Abzuges, da das An- und Abspinnen zur Verminderung der Fadenbruchzahl mit geringerer Geschwindigkeit erfolgen muß, als für das Hauptspinnen zulässig. c) Änderung der Spindeldrehzahl beim Aufspinnen jeder Lage auf den Kops entsprechend dem jeweiligen Spulendurchmesser derart, daß die Spannung des Fadens beim Austritt aus dem Streckwerk beim Spinnen auf alle Kopsdurchmesser konstant bleibt (Lagenregelung).

Die Größe der verhältnismäßigen Änderung der Grundspindeldrehzahl zwischen An-, Haupt- und Abspinnen (Grunddrehzahlregelung) sowie die Größe der Lagenregelung müssen den jeweiligen Betriebsbedingungen angepaßt werden können. Während die Einstellung der Grunddrehzahl entsprechend der jeweiligen Garnnummer und Sorte sowie die Größe der Grunddrehzahlregelung und der Lagenregelung von Hand erfolgen muß, würde die Regelung der

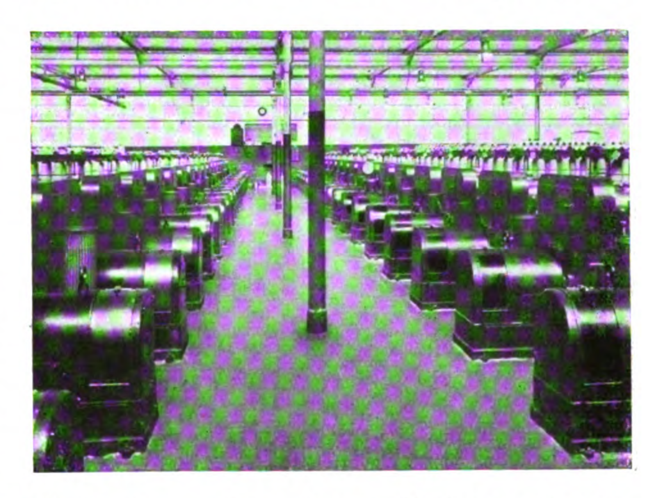


Bild 16. Baumwollfeinspinnsaal: Elektrischer Einzelantrieb durch Spinnmotor mit automatischem Spinnregler. Geschwindigkeitsregelung auf konstante Fadenspannung.
Genaue Einstellbarkeit der Geschwindigkeit entsprechend der Baumwollsorte, der Garnnummer usw., weniger Fadenbrüche, Produktionsvermehrung bis zu etwa 25 %, Hebung der Qualität, leichtere Gebäude, bessere Beleuchtung.

Grunddrehzahl von Hand zu große Ansprüche an Aufmerksamkeit und Ausbildung des Perso-

nals stellen und die Erreichung der maximalen Produktion nicht ermöglichen. Grunddrehzahl und Lagenregelung werden daher automatisch durch die Ringspinnmaschine selbst, unter Vermittlung des Spinnreglers bewirkt.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß unter Umständen allein schon durch Ersatz des Transmissionsantriebes durch elektrischen Einzelantrieb mittels nicht regelbaren Asynchron-Motors infolge Drehzahlerhöhung nach Fortfall der Drehzahlschwankungen der Transmission in Verbindung mit Verminderung der Fadenbruchzahl eine Produktionssteigerung um etwa 10 % unter gleichzeitiger Verbesserung der Garnqualität erzielt wurde ebenso wie bei den Selfaktoren, Webstühlen usw. Dies Ergebnis wurde z. B. auch erzielt in der Massachusetts Baumwoll-Spinnerei in Lindale, welche die Vorteile des elektrischen Antriebes um so genauer feststellen konnte, als sie zunächst nur den dritten Teil ihrer Spinnerei und Weberei mit elektrischem Antrieb an Stelle des bis dahin vorhandenen mechanischen Transmssionsantriebs ausrüstete[1]).

Der Verzicht auf die technisch richtig durchgeführte Lagenregelung bedeutet jedoch unvollkommene Ausnutzung der Leistungsfähigkeit der Ringspinnmaschine und damit je nach den vorliegenden Verhältnissen einen Produktionsverlust von etwa 5 % und darüber. Der durch Wegfall der Grunddrehzahlregelung entstehende Produktionsverlust beträgt sogar in den meisten Fällen etwa 10—15 %.

Die durch Grund- und Lagenregelung erzielbare Mehrproduktion gegenüber dem Betrieb ohne diese — also mit nicht regelbaren Elektromotoren — beträgt demnach bei gleicher Fadenbruchzahl etwa 15—20 %.

Die von den SSW durchgebildeten Sonderantriebe für Ringspinnmaschinen gestatten außer der selbsttätigen Grund- und Lagenregelung die stufenlose Einstellung der Motordrehzahl von etwa 500 bis 1200 Umdrehungen und damit bequeme Anpassung der Grunddrehzahl an Garnnummer und Material.

Weitere Vorteile der Grund- und Lagenregelung sind außer der durch Erhöhung der mittleren Spindeldrehzahl erzielten Mehrproduktion: Durch Gleichhaltung der Fadenspannung gleichmäßiges Garn (Qualitäts-Verbesserung) und gleichmäßig harte Kopse, dadurch größeres Kopsgewicht und zugleich weitere Produktionserhöhung, da die durch Spulenwechsel bedingten Stillstandszeiten, die auf 1 kg Garn entfallen, bei größerer Härte der Kopse kleiner sind.

Die übrigen Vorteile des elektrischen Sonderantriebes der Ringspinnmaschinen der SSW, wie gute Zugänglichkeit, gute Beleuchtung, Übersichtlichkeit des Spinnsaales, einfache Bedienung usw., werden durch Bild 16 gut veranschaulicht.

5. Flügel-Spinnmaschinen. (Vgl. Titelbild.) Bezüglich der Anforderungen an den elektrischen Antrieb der Flügel-Spinnmaschinen, seine technische Ausführung und seine Vorteile sei verwiesen auf den ebenfalls in diesem Heft enthaltenen Aufsatz des Herrn Dr.-Ing. Schneider „Der elektrische Spinnflügelantrieb". An dieser Stelle sei nur erwähnt, daß durch den elektrischen Flügel-Einzelantrieb eine Mehrproduktion je Spindel erzielt wird in Höhe von etwa 40 % bei Jute-Feinspinnstühlen und etwa 100 % und darüber bei Gill-Spinnmaschinen. Gleichzeitig sinken die Lohnkosten je kg bei Jute-Feinspinnstühlen mit elektrischem Flügel-Einzelantrieb und mechanischem Spulenwechsel auf weniger als 50 % der bisherigen. Außerdem ist auch der Kraftverbrauch je kg Garn bei elektrischem Flügel-Einzelantrieb um etwa 20 bis 40 % geringer als bisher. Diese Vorteile erklären die Tatsache, daß sich die Mehrkosten des elektrischen Flügel-Einzelantriebes bereits in 3—4 Jahren bezahlt machen durch Ersparnisse an Kohlen, Löhnen und durch Verminderung des auf 1 kg Garn entfallenden Anteils eines Teiles der konstanten Kosten, wie z. B. Abschreibung und Verzinsung des in Gebäuden und gesamter Maschinenanlage, außer den Spinnstühlen selbst, investierten Kapitals, infolge Erhöhung der Produktion je Spindel um 40 %.

6. Webstühle (Bild 17 und 18). Wie schon früher erwähnt, verlangt der Webstuhl, um mit höchster Schußzahl einwandfrei betrieben werden zu können, die Beseitigung der bei Transmissionsbetrieb unvermeidlichen Drehzahl-Schwankungen sowie der Torsions-Schwingungen in den Antriebswellen. Diese Bedingung wird,

[1]) „Die Elektrisierung der Massachusetts Baumwoll-Spinnerei in Lindale" von D. W. Peabody in General Electric Review, Heft 3, März 1923, Seite 168—172.

wie wir gesehen haben, durch den elektrischen Einzelantrieb in vollkommener Weise erfüllt. In der Tat wurden auch im praktischen Betriebe nach Einführung des elektrischen Einzelantriebes von Webstühlen durch Erhöhung der Schußzahl sowie durch Verminderung der Fadenbrüche und der damit verbundenen Stillstände Produktionssteigerungen in Höhe von 10—20 %, letztere Zahl bei Northrop-Stühlen anstandslos erreicht[1]). Außer der durch die gleichbleibende Drehzahl und Verminderung der Fadenbrüche sowie durch die größere Reinlichkeit (Fortfall der Verschmutzung durch Staub und Öl) gleichzeitig erzielten Qualitätsverbesserung der erzeugten Ware hat der elektrische Einzelantrieb auch noch den Vorteil, daß alle arbeitenden Teile des Stuhles leichter laufend eingestellt werden können. Der Schützenschlag kann schwächer sein, weil der Webstuhl bei elektrischem Einzelantrieb immer gleichbleibend mit der eingestellten Drehzahl läuft.

Wie die Erfahrung gezeigt hat, verdient der Webstuhlantrieb über Zahnradvorgelege den Vorzug vor dem Antrieb mittels Riemen, weil durch den bei dem stoßweisen Kraftverbrauch des Stuhles unvermeidlichen Riemenschlupf die früher geschilderten Nachteile des Riemen-Transmissionsbetriebes im letzteren Falle zum Teil mit übernommen werden. Tatsächlich zeigte die Erfahrung, daß bei Zahnradantrieb infolge des schlupflosen, gleichmäßigen Betriebes die Produktion um etwa 3—5 % gegenüber dem elektrischen Einzelantrieb mit Riementrieb gesteigert werden konnte. Auch die Qualität der Webwaren ist bei Zahnradantrieb infolge der größeren Gleichmäßigkeit der Drehzahl und Schlagstärke besser als bei Riemenantrieb.

Ein Vorteil des Zahnradantriebes ist ferner, daß schon der erste Schützenschlag volle Stärke hat, während bei Riemenantrieb infolge des großen Beschleunigungsmomentes der Riemen schlupft und der Stuhl infolgedessen nicht so schnell seine volle Drehzahl und damit seine volle Schlagstärke erreicht.

Neben der Vergrößerung und Verbesserung der Produktion bringt der elektrische Einzelantrieb der Webstühle noch den Vorteil der Verminderung der Kraft-Übertragungsverluste und damit der Kohlenkosten um etwa 10—15 % gegenüber Transmissions- oder Gruppenantrieb durch Fortfall der Transmissions-Leerlaufverluste, da, wie schon erwähnt, die Webstühle durchschnittlich während etwa 20—40 % der gesamten Arbeitszeit zum Anknüpfen gebrochener Fäden, Einsetzen neuer Spulen, Einziehen neuer Ketten usw. stillstehen.



Bild 17. Baumwollwebstühle mit Transmissionsantrieb.

7. Zeugdruckmaschinen. Die Anforderungen, welche die Zeugdruckmaschinen zur Erzielung höchster Produktion sowie bester Qualität der erzeugten Ware und damit zur Erzielung höchster Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebes an ihren Antrieb stellen, sind: a) Feinstufige

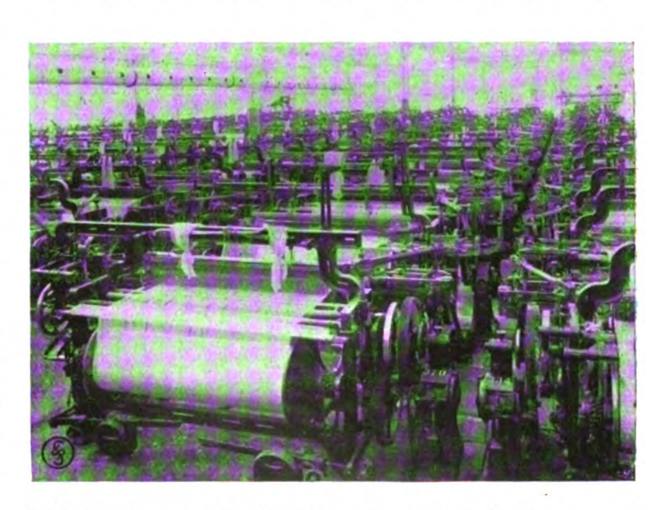


Bild 18. Baumwollwebstühle, angetrieben durch ganz geschlossene Spezialwebstuhlmotoren mit Bock, Zahnradantrieb und Rutschkupplung.
Höchste Gleichmäßigkeit der Geschwindigkeit, weniger Fadenbrüche, leichte Änderung der Schußzahl, Produktionsvermehrung bis 20 %.

[1]) Vgl. hierzu: „Der elektrische Antrieb in der Baumwollspinnerei und -weberei", von Schultz in E. T. Z., 1923, Sondernummer.

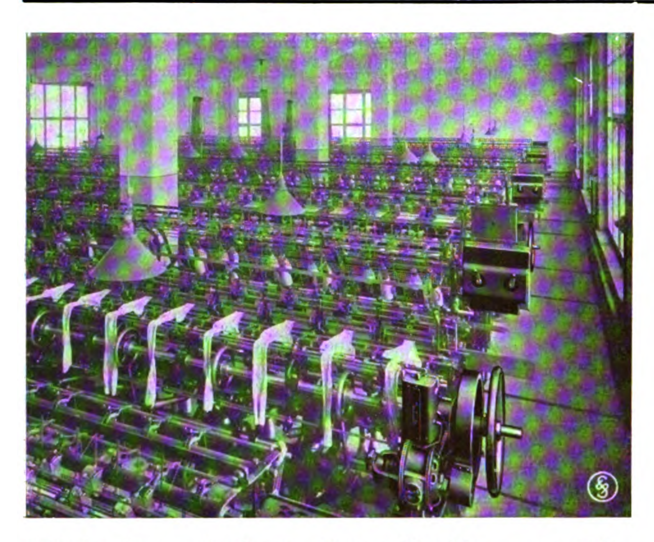


Bild 19. Strumpfwirkerei. Cotton-Maschinen, angetrieben durch Drehstrom-Doppelregler-Antrieb.

Änderung der Arbeitsgeschwindigkeit entsprechend der Ware. Automatische Anpassung der Arbeitsgeschwindigkeit an den Arbeitsvorgang durch Drehzahlherabsetzung beim „Mindern", „Decken" usw. Dadurch Produktionssteigerung um etwa 20%. Starke Verminderung der Faden- und Nadelbrüche. Hebung der Qualität des Gewirkes. Geringer Kraftverbrauch.

Regelbarkeit des Antriebes im Verhältnis von etwa 1:10 zur Erzielung der langsamen Hilfsgeschwindigkeit sowie zur Anpassung der Druckgeschwindigkeit an die verarbeitete Ware. b) Langsamer, stoßfreier Übergang auf die gewünschte Geschwindigkeit. c) Drehzahlkonstanz bei allen Geschwindigkeiten. d) Guter Wirkungsgrad bei allen Geschwindigkeiten. e) Einfache und schnelle Bedienung des Antriebes sowie der Arbeitsmaschine.

Alle diese Anforderungen werden in günstigster Weise durch den elektrischen Einzelantrieb erfüllt, der bei größerer Anzahl der Zeugdruckmaschinen zweckmäßig nach dem Gleichstrom-Fünfleiter-System, bei kleinerer Zahl unter Verwendung der Drehstrom-Leonard-Schaltung, Gleichstrom-Zu- und Gegenschaltung, bzw. von regelbaren Drehstrom-Kollektormotoren, je nach den vorliegenden Betriebsbedingungen, ausgebildet wird.

Wie wirken sich nun die geschilderten Vorteile des elektrischen Einzelantriebes auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtbetriebes in den Diagrammen Bild 1—10 aus?

Wir haben im vorhergehenden gesehen, daß die Anlagekosten von Neuanlagen bei Wahl des elektrischen Einzelantriebes infolge der hierbei möglichen besseren Ausnutzung des Bauplatzes und der Gebäude durch die Befreiung von Transmissionssträngen sowie infolge der leichteren Ausführung der Gebäude eher geringer sind als bei Transmissionsbetrieb und rein mechanischer Kraftübertragung. Auch bei der halb elektrischen und halb mechanischen Kraftübertragung, dem sogenannten Gruppenantrieb, dem noch, wie früher eingehend begründet, wesentliche betriebstechnische Nachteile der rein mechanischen Kraftübertragung über Riemen- und Seiltriebe anhaften, sind die Anlagekosten bei Neuanlagen im allgemeinen nicht geringer als bei elektrischem Einzelantrieb, wenn man alle beim Bau der Neuanlage entstehenden Kosten, wie z. B. Montage der Transmissionen, Kosten der Riemen usw. usw. mit in Betracht zieht.

Bei Neuanlagen kommen also sowohl die Vorteile der geringeren Kraftkosten, als auch der Produktionssteigerung durch bessere Ausnutzung der Gesamtanlage und der Qualitätsverbesserung der erzeugten Ware voll zur Geltung.

Aus dem bereits in der Fußnote auf Seite 514 erwähnten Aufsatz geht hervor, daß allein durch Ersatz des mechanischen Transmissionsantriebes durch nicht regelbare elektrische Einzelantriebe bzw. Gruppenantriebe die Produktion der gesamten Spinnerei und Weberei um 12% gesteigert wurde, bei gleichzeitiger Qualitätsverbesserung der Garne und Webwaren und Verminderung des Kraftverbrauches der Gesamtanlage um etwa 10%.

In den Schaubildern 1—10 würde also die Belastung der Produktions-Mengeneinheit und auch der Produktions-Werteinheit durch die konstanten Kosten A, Z und U eher kleiner einzusetzen sein. Der Anteil der Kraftkosten würde auf 1/2 bis 3/5 zurückgehen. Hierdurch würde die Gerade s (gesamte Selbstkosten) eine Drehung nach unten und die Gerade g bzw. g' eine Drehung nach oben erfahren.

Der durch die Produktionssteigerung erzielte Mehrgewinn gegenüber einer mit dem gleichen Kapitalaufwand gebauten Fabrik mit Transmissionsbetrieb ist also infolge Drehung der Geraden g bzw. g' nach oben noch größer, als aus Bild 2 bis 10 hervorgeht.

Die Verbesserung der Qualität der erzeugten Ware ist im allgemeinen gleich-

bedeutend mit einer Erhöhung des Verkaufspreises. Da indessen alle Produktionskosten, bezogen auf die Mengeneinheit, gleichbleiben, so hat die durch Qualitätsverbesserung der erzeugten Ware ermöglichte Steigerung des Verkaufspreises eine Steigerung des Reingewinnes um den gleichen Betrag zur Folge.

Aber auch die Umstellung vorhandener Anlagen von rein mechanischem Transmissionsbetrieb oder halb mechanischem Gruppenantrieb auf rein elektrischen Einzelantrieb macht sich durch die geschilderten Vorteile des elektrischen Einzelantriebes in kurzer Zeit bezahlt.

Wir erwähnten schon früher, daß unter normalen Verhältnissen vielfach allein die erzielte Verminderung der Kraftkosten genügt, um die Kosten der Umstellung auf Einzelantrieb abzuschreiben und zu verzinsen, so daß also in Bild 1—10 die Summe der Selbstkosten und auch die Höhe des Reingewinnes bei der Normalproduktion gleichbleibt. Durch den Übergang eines Teiles der variablen Kraftkosten auf die konstanten Kosten für Abschreibung und Verzinsung wird jedoch Σ tg α etwas kleiner (etwa — 0,01) und tg γ entsprechend etwas größer (etwa + 0,01). Die aus Bild 2 bis 10 ersichtliche Steigerung des Reingewinnes durch Mehrproduktion sowie die Steigerung des Reingewinnes durch Qualitätsverbesserung treten also auch bei Umstellung vorhandener Anlagen auf elektrischen Einzelantrieb voll in Erscheinung.

Selbst wenn jedoch, wie es heute vielfach der Fall ist, infolge der außergewöhnlich hohen Zinssätze die Ersparnis an Kraftkosten nicht ausreichen sollte, um die durch Umstellung auf elektrischen Einzelantrieb entstehende Steigerung der Kosten für Abschreibung und Verzinsung auszugleichen, so daß also eine Parallel-Verschiebung der Geraden s nach oben und der Geraden g nach unten eintritt, wird in den meisten Fällen trotzdem durch Produktionssteigerung und Qualitätsverbesserung eine beträchtliche Steigerung des Reingewinnes bzw. Verminderung des Produktionskostenanteils am Verkaufspreis erzielt werden.

Die Erfahrungen von Textilfabriken, in denen der Grundsatz der rein elektrischen Kraftübertragung durch weitestgehende Verwendung elektrischer Einzelantriebe praktisch vollkommen durchgeführt wurde, bestätigen das Ergebnis der vorstehenden Ausführungen, daß die höchste Wirtschaftlichkeit auch in den Betrieben der Textilindustrie nur dann erreicht werden kann, wenn der Antrieb der Textilmaschinen durch neuzeitliche, allen Anforderungen des Betriebes weitestgehend angepaßte elektrische Einzelantriebe erfolgt.

Krafterzeugungsanlagen in Textilbetrieben

Von Dipl.-Ing. L. Kießling, Oberingenieur in der Abteilung Industrie.

Der verhältnismäßig hohe Bedarf der Textilindustrie an Antriebsenergie und an Fabrikationswärme ist von wesentlichem Einfluß auf die Gestehungskosten ihrer Erzeugnisse. Die technisch vollkommenste Ausgestaltung der Kraft- und Wärmeerzeugungsanlage ist daher eine der Hauptbedingungen für die Wettbewerbfähigkeit eines Textilbetriebes.

Oft gehen Ersparnisse und Verbilligung der Produktion, die mit neu ersonnenen Arbeitsverfahren und arbeitsparenden Maschinen erzielt werden, durch Verschwendung bei Erzeugung der Energie verloren.

Im folgenden soll gezeigt werden, in welcher Weise sich die Kosten der kW-Stunde bzw. PS-Stunde durch zeitgemäße wirtschaftlichste Ausbildung der Krafterzeugungsanlage vermindern lassen.

Erst in neuerer Zeit hat man sich allgemein die Erkenntnis zunutze gemacht, daß die aus dem Fabrikations- bzw. Heizdampf durch dessen Entspannung vom Kesseldruck auf den für die Heizzwecke benötigten wesentlich niedrigeren Dampfdruck gewonnene Leistung wesentlich billiger ist als die im Kondensatorbetrieb erzeugte Energie. Der Kesseldruck ist zu diesem Zweck möglichst hoch zu wählen. Erste Bedingung für eine wirtschaftlich arbeitende Kraftanlage ist daher restlose Ausnutzung des Fabrikationsdampfes zur vorherigen Krafterzeugung.

Entscheidend für die Planung der Kraftanlage ist daher die Frage, in welchem Maße außer der Antriebsenergie Wärme zur Durchführung der Arbeitsverfahren erforderlich ist. In den einzelnen Zweigen der Textilindustrie ist das Verhältnis zwischen Kraft- und Wärmebedarf verschieden, und zwar unterscheidet man vom wärmewirtschaftlichen Standpunkt aus zwei Gruppen:

a) Der Bedarf an Fabrikations- und Heizdampf ist gering im Verhältnis zum Kraftbedarf. Hierzu gehören die Spinnerei, in der im wesentlichen nur Dampf für Heizung der Fabrikräume benötigt wird, und die Weberei, in der außer dieser Raumheizung auch noch in geringem Maße in der Schlichterei Fabrikationsdampf benötigt wird.

b) Der Bedarf an Fabrikationsdampf ist groß im Verhältnis zum Kraftbedarf, so daß die gesamte benötigte Antriebsenergie der Fabrik zum großen Teil oder ganz durch vorherige Ausnutzung des Fabrikations- bzw. Heizdampfes zur Krafterzeugung, also mit geringsten Kosten, gewonnen wird.
Hierzu gehören die Veredelungsbetriebe der Textilindustrie, z. B. Färberei, Appretur und Walkerei.

Ehe wir auf die Besprechung der Kraftanlage näher eingehen, wollen wir zunächst untersuchen, wie groß der Bedarf der einzelnen Textilbetriebe an Fabrikations- bzw. Heizdampf ist.

In Spinnereien braucht man im allgemeinen nur Heizdampf für die Raumheizung. Im Verhältnis zum Maschinen-Kraftdampfverbrauch beträgt der Heizdampfbedarf im Winter etwa 10—20%. Zu berücksichtigen ist hier noch, daß die Raumtemperatur gleichmäßig auf einer bestimmten Höhe (auf Grund zahlreicher Versuche 20° C) gehalten werden muß, da das Spinngut sich bei dieser Temperatur am besten verarbeiten läßt.

Während früher fast allgemein die unmittelbare Dampfheizung angewendet wurde, hat in den letzten Jahren die Dampfluftheizung stark Anwendung gefunden. Bei der Wahl des Heizsystems muß besonders bedacht werden, daß für einen großen Teil der Arbeitsräume der Textilfabrik neben der Heizung die Erhaltung eines bestimmten Feuchtigkeitsgehaltes der Luft unerläßlich ist.

Sowohl unmittelbare Dampfheizung als auch Dampfluftheizung können mit Dampf von beliebiger Spannung zwischen 0,5—5 at abs. betrieben werden. Es gibt bereits eine ganze Anzahl von Fabrikheizungen, die mit dem Vakuumdampf der Dampfmaschine unmittelbar geheizt werden. Andererseits sind auch Dampfluftheizungen seit Jahren in Verwendung, bei denen die Luft durch Vakuumdampf erwärmt wird. In Webereien ist der Heizdampfbedarf im Verhältnis zum Kraftdampfverbrauch bedeutend größer als in der Spinnerei. Der Grund liegt darin, daß die gesamte verbrauchte mechanische Energie, die bekanntlich in Wärme umgesetzt wird und damit zur Beheizung der Arbeitsräume beiträgt, in Spinnereien je m³ Rauminhalt größer ist als in Webereien. Außerdem wird in der Schlichterei oft ein erheblicher Teil von Fabrikationswärme verbraucht.

In den Veredelungswerken, wie Färberei, Appretur, Walkerei ist der Heizdampfbedarf ein Vielfaches des Kraftdampfbedarfs der Kraftmaschinen. Die Außentemperatur beeinflußt hier den gesamten Dampfverbrauch erheblich, weil nicht nur der Bedarf der Raumheizung, sondern auch der zu Fabrikationszwecken von der Außentemperatur abhängig ist. Der Verbrauch ist in diesen Fabriken in der Regel in den einzelnen Tagesstunden sehr verschieden, da gewöhnlich einzelne periodische Verbraucher vorhanden sind. In Färbereien wird die Luft durch die sich darin abwickelnden Kochprozesse sehr stark mit Wasserdampf durchsetzt, so daß Entnebelungsanlagen geschaffen und während eines großen Teiles des Jahres betrieben werden müssen.

Die Trocknung des Textilstoffes erfolgt zum Teil auf umlaufenden Trockenzylindern, die im Innern mit Dampf beheizt werden. Weit größer ist jedoch die Zahl der Trockenmaschinen, in denen mittels heißer Luft getrocknet wird. Wesentlich steigt die Wärmeausnutzung einer jeden Lufttrocknungsanlage mit der Temperatur, die die Luft beim Austritt aus dem Trockenapparat hat und ferner mit dem Grade der Sättigung, den die Luft beim Bestreichen der Ware erreicht hat. Es besteht sonach das Bedürfnis, jeden Trockenprozeß aus Gründen der Wärmeersparnis mit möglichst hoher Temperatur und möglichst vollkommener Sättigung der Abluft

durchzuführen. Für die meisten Textilstoffe werden Temperaturen von 50—80° C verwendet. Nur für vereinzelte Vorgänge, z. B. zum Karbonisieren, sind Temperaturen bis zu 100° und darüber zulässig. In den Trockenmaschinen dient sonach der Dampf zur Lufterwärmung, und zwar im allgemeinen zur Erzeugung von Temperaturen von weniger als 100° C.

Bei genügender Bemessung der Heizflächen würde in fast allen Verhältnissen ein Dampfdruck von etwa 1 at oder wenig darüber genügen. Die Apparate jedoch, die heute in der Textilindustrie in Verwendung sind, erfordern infolge ihrer zu knappen Bemessung der Heizflächen und ungünstigen Bauart meist Dampfdrücke von 1—5 at. Die Ausnutzung des den Trockenmaschinen, wie Wolltrockenmaschinen, Kasten-, Tuch- und Spannrahmen-Trockenmaschinen, zugeführten Dampfes für den eigentlichen Trockenprozeß ist bei sehr vielen, besonders bei den älteren Trockenmaschinen außerordentlich niedrig, und durch Vornahme von Verbesserungen könnte der gesamte Wärmeverbrauch der Textilfabriken häufig bedeutend herabgesetzt werden. Wurde doch in Fabriken bei diesen Maschinen die Verwendung von Dampfdrücken bis 9 at festgestellt, obwohl nur Temperaturen unter 70° benötigt wurden.

In solchen Fabriken, die große Mengen Heißwasser für die Fabrikation benötigen, wie die Färbereien, läßt sich in einfacher Weise ein Ausgleich im Wärmeverbrauch dadurch schaffen, daß man in den Betrieben entsprechend bemessene Heißwasserbehälter aufstellt, die zu Zeiten des geringeren Wärmebedarfes der Fabrik erwärmt werden und ihren Wärmevorrat in der Zeit großen Wärmeverbrauches an die Fabrik abgeben. Auf diese Weise läßt sich in den Färbereien der große Dampfverbrauch, der in der ersten Morgenstunde durch das Anwärmen der Farbflotte entsteht, bedeutend herabsetzen. Ist am Abend der Heißwasserbehälter mit Heißwasser gefüllt, so kann dieses am nächsten Morgen zum Füllen der Farbbottiche benutzt und dadurch der Dampfverbrauch zum Anwärmen ganz erheblich vermindert werden. Da in den Veredelungswerken meistens große Mengen sehr heißen Kondenswassers entstehen, wird man bei der Anlage von Dampfkesseln der Rückführung von Heißwasser in die Kessel größte Beachtung schenken, und zwar kann vollkommen reines Dampfwasser direkt zurückgeleitet werden, während bei ölhaltigem Wasser eine vorherige Filtrierung unbedingt notwendig ist.

Warmwasser wird in Wollwäschereien, Bleichereien und Färbereien mit Temperaturen von etwa 40—100° in großen Mengen benötigt. Soweit Maschinendampf zur Verfügung steht, wird man ihn mit einem der erforderlichen Temperatur entsprechenden Druck verwenden. Wasser von 70° C läßt sich noch mit Dampf mit dem absoluten Druck von 0,5 at herstellen. Nicht selten werden das Wasser, die Farbbäder u. dgl. durch direkt in die Flüssigkeit eintretenden Dampf erwärmt.

Wir sehen also, daß in jedem Textilbetrieb die Frage der Kraftlieferung von der Frage der Deckung des Wärmebedarfes — sei es zu Heizungs- oder sei es zu Fabrikationszwecken — unzertrennlich ist.

Nachdem wir im Vorstehenden die wichtigsten Wärmeverbraucher besprochen haben, wollen wir nun die hauptsächlichsten Gesichtspunkte beleuchten, die bei der Wahl der Antriebsmaschinen mitsprechen. Wenn wir von den Fällen absehen, in denen der Fremdstrombezug wirtschaftlicher ist als die Erzeugung der von der Fabrik benötigten Antriebsenergie in einer eigenen Kraftanlage, so hat man sich hinsichtlich der Kraftmaschinen im allgemeinen zu entscheiden zwischen Kolbendampfmaschine, Dampfturbine und Ölmotor, falls nicht eine Wasserkraft zur Verfügung steht, deren Leistung hinreichend ist, um den gesamten Fabrikationskraftbedarf zu decken.

Da der Betrieb einer Ölmotoranlage in Deutschland im allgemeinen teurer und daher unwirtschaftlicher ist als der einer Dampfkraftanlage, kommt die Aufstellung eines Ölmotors nur in seltenen Fällen als Reservemaschine sowie zum Ausgleich von Wasserkraftschwankungen in Betracht.

Als eigentliche Hauptkraftmaschinen kommen daher — in Deutschland wenigstens — nur die Kolbendampfmaschine und die Dampfturbine in Betracht.

Schon seit langem findet die Dampfturbine fast ausschließlich in allen Betrieben Verwendung, in denen der Kraftbedarf größer ist als etwa 500 PS und nur verhältnismäßig wenig Heiz-

dampf benötigt wird. Die hauptsächlichsten Vorteile der Dampfturbine, deren Einführung erst durch die Entwicklung der elektrotechnischen Industrie ermöglicht wurde, gegenüber der Kolbendampfmaschine sind:

1. der geringere Raumbedarf,
2. die geringeren Anschaffungskosten einschließlich Gebäude, Fundamenten und Montage,
3. geringerer Dampfverbrauch je kWh im Kondensationsbetrieb, da in der Dampfturbine auch das höchste Vakuum noch mit gutem Wirkungsgrad ausgenutzt werden kann, dessen Ausnutzung in einer Kolbendampfmaschine infolge der zu bewältigenden großen Dampfvolumina unmöglich ist,
4. ferner fallen auch bei Dampfturbinenbetrieb die etwa 5—10 % der Kosten des Kohleverbrauches betragenden Kosten für Zylinder- und Lagerschmieröl, Pack- und Dichtungsmaterial usw. des Kolbendampfmaschinenbetriebes fort.

Nur in den Betrieben, in denen verhältnismäßig große Mengen Fabrikationsdampf benötigt werden, hatte sich bis vor einigen Jahren die Kolbendampfmaschine noch — und zum Teil mit Recht — zu behaupten vermocht, da bis zum Jahre 1923 die Ausnutzung des Heizdampfes zur Krafterzeugung in einer Kolbendampfmaschine mit besserem Wirkungsgrade möglich war als die Ausnutzung in einer Dampfturbine.

In neuerer Zeit jedoch ist es gelungen, auch Gegendruck- bzw. Entnahmedampfturbinen im Hochdruckgebiet mit Wirkungsgraden zu bauen, die gerade so hoch oder höher sind als die Wirkungsgrade gleichwertiger Kolbendampfmaschinen. Es sei an dieser Stelle nur an die bekannte, sogenannte „Brünner"-Turbine erinnert, bei der Maschinenwirkungsgrade von 82 % im Gegendruckbetrieb festgestellt wurden. Es ist zwar richtig, daß bei der Kolbendampfmaschine gleicher Leistung und gleicher Druckgefälle sogar thermo-dynamische Wirkungsgrade von etwa 85 % erzielt wurden. Um den Maschinenwirkungsgrad der Kolbendampfmaschine zu erhalten, ist diese Zahl jedoch noch mit dem mechanischen Wirkungsgrade der Kolbendampfmaschine zu vervielfachen, der in der Regel nicht über 90 % beträgt, so daß tatsächlich der Maschinenwirkungsgrad der Kolbendampfmaschine unter dem Wirkungsgrad der neuzeitlichen Gegendruckdampfturbine bleibt.

Hieraus geht hervor, daß heutzutage auch die Gegendruck- bzw. Entnahmeturbine mit hochwertigem Hochdruckteil der Kolbendampfmaschine hinsichtlich wirtschaftlicher Ausnutzung des Fabrikations- und Heizdampfes zur Krafterzeugung keineswegs nachsteht, sondern dieser in den meisten Fällen sogar, wenn man die übrigen Kosten des Kolbendampfmaschinenbetriebes, wie z. B. Zylinder- und Schmierölverbrauch usw., berücksichtigt, überlegen ist.

Zugunsten der Turbine spricht ferner noch der Umstand, daß der Abdampf vollkommen ölfrei ist, während der Abdampf der Kolbendampfmaschine vor seiner Verwendung in Färbereien usw. erst entölt werden muß. Diese Entölung ist nicht ganz leicht, namentlich im Dauerbetriebe, und da sie nie restlos gelingt, so ist der Abdampf von Kolbendampfmaschinen für verschiedene Zwecke, z. B. zum direkten Einblasen in Farbflotten, ungeeignet. Aus diesem Grunde werden auch in reinen Färbereien Gegendruckturbinen aufgestellt, wiewohl mit Rücksicht auf die Maschinengröße (etwa 200—300 kW) eine Gegendruckkolbenmaschine wirtschaftlicher arbeiten würde.

In jenen Veredelungswerken und Färbereien, in denen neben dem Hochdruckdampf für die Kraftmaschinen sehr bedeutende Heizdampfmengen von verhältnismäßig niedrigem Druck verwendet werden, läßt sich ein wirksamer Ausgleich der Verbrauchschwankungen durch Einschaltung eines Wärmesammlers in die Niederdruckstufe erzielen. Wird für diese Sammler nach dem Vorgang von Dr. Ruths eine mehr oder weniger große Druckschwankung zugelassen, so bietet sich hier die Möglichkeit der Erzielung sehr erheblicher Speicherleistung mit billigen Speichern und eines vollkommenen Ausgleichs. Ein solcher Dampfspeicher hat sich in vielen Betrieben in verhältnismäßig kurzer Zeit bezahlt gemacht durch beträchtliche Ersparnisse an Betriebskosten und durch höhere und bessere Produktion. Der vor Betriebsanfang oder späterhin überschüssige Kesseldampf strömt als Ladedampf durch ein selbsttätiges Rückschlageinlaßventil und mehrere Mischdüsen in das Speicherwasser, wodurch dessen Temperatur und Druck steigt. Zu Betriebsanfang und sonst bei über-

großem Dampfverbrauch, bei sinkendem Dampfkesseldruck, strömt aus dem Speicherdom der Entladedampf durch eine Munddüse und das selbsttätige Rückschlagauslaßventil in die Dampfleitung zurück.

Bei plötzlicher großer Dampfentnahme verhindert die Munddüse ein Überkochen des Speichers. Für die Regelung der Entladedampfspannung dienen genau arbeitende Dampfdruckregler-Ventileinrichtungen. Je größer der Druckunterschied zwischen Dampfkesseldruck und Heizdruck, desto größer ist die Speicherfähigkeit, bzw. je kleiner der Druckunterschied, desto größer muß der Speicher sein. Der Dampfspeicher ermöglicht die Verwendung von Wasserrohrkesseln auch für Betriebe mit schwankendem Dampfverbrauch, wo bisher Großwasserraumkessel nötig waren. Bild 1 zeigt die Einschaltung eines Wärmespeichers, System Ruths, in den Rohrplan eines Veredelungswerkes.

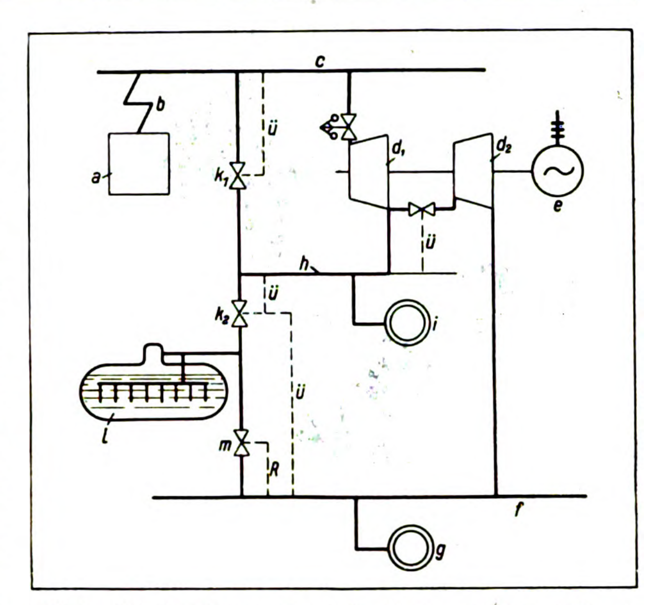


Bild 1. Schaltbild einer Dampfkraftanlage mit Ausnützung des Gesamtfabrikationsdampfes im Entnahme-Gegendruckbetrieb in Verbindung mit einem Ruthsdampfspeicher zur Gleichhaltung der Kesselbelastung.

a = Dampfkessel,
b = Überhitzer,
c = Hochdruckleitung 18 at,
d_1 u. d_2 = Hoch- und Niederdruckteil der Turbine,
e = Generator,
f = Niederdruckleitung 0,5 at,
g = Färbereibottiche,
h = Mitteldruckleitung 3 at,
i = Trockenmaschine,
k_1 u. k_2 = Überströmventil,
l = Ruthsspeicher,
m = Reduzierventil.

In Anwendung der bisherigen Darlegungen kommt daher für Textilanlagen nur zentrale Krafterzeugung in Frage unter Verwendung des Entnahme- bzw. Gegendruckdampfes für Heiz- und Fabrikationszwecke. Da der Kraftbedarf bereits für Textilbetriebe mittlerer Größe 1000 kW und darüber beträgt, so kommen als Kraftmaschinen ausschließlich Dampfturbinen in Frage, und zwar:

für Spinnereien: reine Kondensationsturbinen, da der Wärmebedarf für Heizung und Lüftung gegenüber dem Kraftbedarf verschwindend gering ist. Es empfiehlt sich jedoch auf alle Fälle, an einer Stufe der Turbine (etwa bei 3 at) eine Anzapfung vorzusehen, an die die Raumheizung und sonstige kleine Dampfverbraucher angeschlossen werden können;

für Webereien: Entnahmeturbinen, da neben dem Kraftbedarf auch ein erheblicher Wärmebedarf für Schlichtereien usw. vorhanden ist.

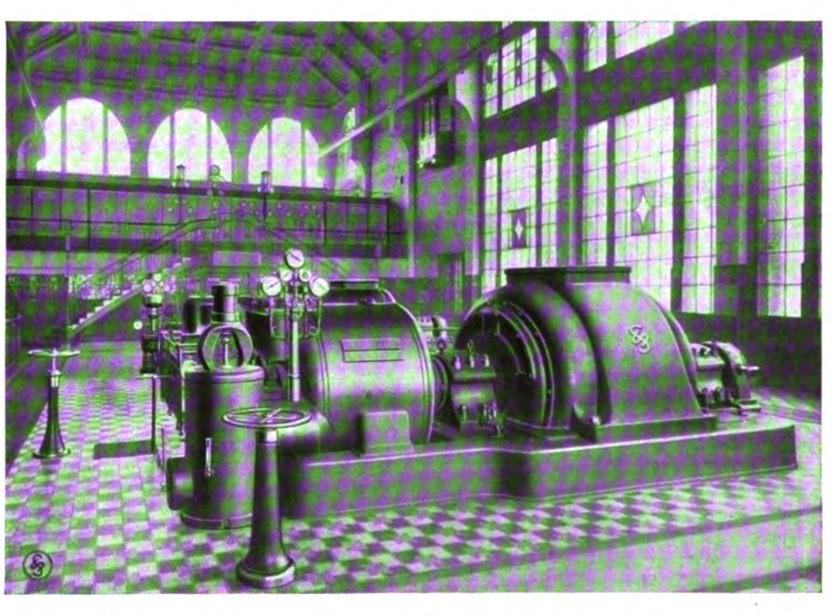


Bild 2. Dampfturbo-Zentrale. Gegendruck- und Anzapfturbine, gekuppelt mit Drehstromgeneratoren von je 1550 kVA Leistung.

Da die Entnahmeturbine (auch Zwischendampf- oder Anzapfturbine genannt) so gebaut ist, daß ein Teil des Dampfes, nachdem er in der Arbeitsleistung mehrere Stufen der Turbine durchströmt hat, unter angemessenem Druck für Heiz- und Fabrikationszwecke entnommen wird, während der restliche Teil unter Arbeitsleistung auch die unteren Stufen zum Konden-

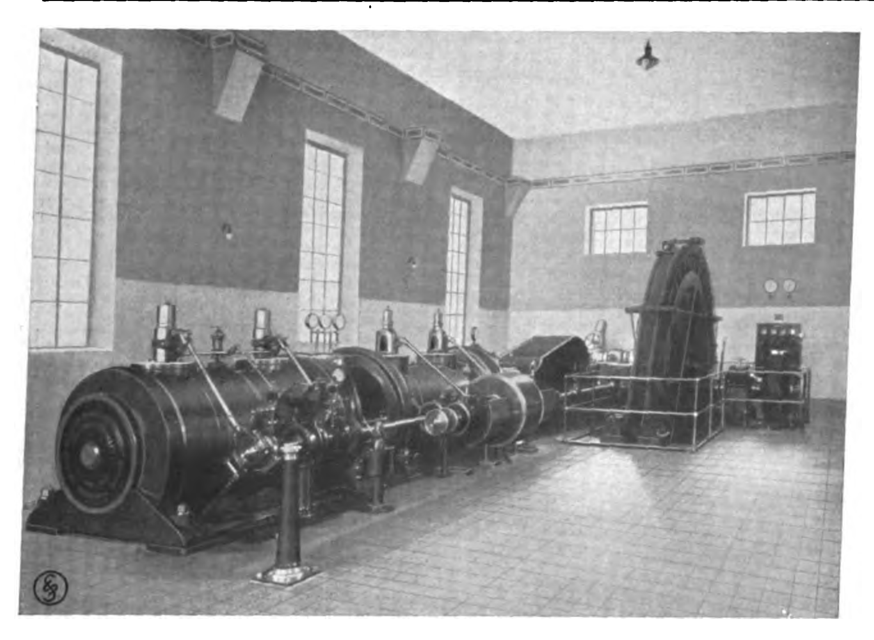


Bild 3. Kolbendampfmaschinen-Zentrale. Dampfmaschine, direkt gekuppelt mit einem Drehstromgenerator von 310 kVA Leistung.

sator durchläuft, so kann diese Turbinenart als Kondensationsturbine arbeiten, wenn kein Heizdampf gebraucht wird, und als Gegendruckturbine, wenn die benötigte Leistung bereits aus dem Heizdampf bei Expansion auf den Entnahmedruck erzeugt wird;

für Färbereien und Bleichereien: Gegendruckturbinen, wenn der normale Kraftbedarf

Bild 4. Wasserkraftzentrale. 3 Einfach-Francis-Spiralturbinen direkt gekuppelt mit Drehstromgeneratoren von je 500 kVA Leistung.

ganz oder zum größten Teil aus dem durchschnittlichen Fabrikationsdampf gedeckt werden kann. In diesem Falle empfiehlt es sich meist, die Parallelarbeit mit einem Überlandwerk anzustreben, an das in Zeiten hohen Dampfbedarfes Strom abgegeben und von dem bei geringem Dampfbedarf Strom bezogen werden kann. In letzter Zeit wird in Betrieben mit ungleichem Wärme- und Kraftbedarf auch die Anzapfgegendruckturbine in Verbindung mit dem Ruthsspeicher verwendet.

Bild 2 zeigt eine von den SSW erbaute Zentrale mit einer Gegendruck- und Anzapfturbine. Die Generatoren sind unmittelbar mit den Dampfturbinen gekuppelt und machen 3000 Umdr/min. Neben dem geringen Platzbedarf der Maschinensätze springt vor allen Dingen auch ihr gefälliger kompendiöser Zusammenbau in die Augen.

Bild 3 gibt eine Dampfmaschinenzentrale wieder. Auch hier ist der Stromerzeuger unmittelbar mit der Antriebsmaschine gekuppelt, und zwar ist er direkt auf die Kurbelwelle aufgesetzt. Der Generator hat eine Leistung von 310 kVA. Infolge der geringen Drehzahl von 150 Umdr/min, die die Dampfmaschine macht, muß als Generator eine vielpolige Maschine verwendet werden, deren Durchmesser gegenüber dem des Dampfturbinengenerators sehr groß ist. Das zur Erzielung des verlangten Ungleichförmigkeitsgrades erforderliche Schwungmoment ist im Läufer des Generators untergebracht.

Vor der Erfindung der Dampfmaschine war auch die Textilindustrie gezwungen, sich da anzusiedeln, wo ausreichende Wasserkräfte zur Lieferung der Antriebskraft zur Verfügung standen. Der Kraftübertragung dienten damals ausschließlich Transmissionen. Die Fortschritte auf dem Gebiete der elektrischen Kraftübertragung haben die Möglichkeit gegeben, auch entfernt von den Stromverbrauchsstellen

liegende Kraftquellen, insbesondere brachliegende Wasserkräfte, wirtschaftlich nutzbar zu machen. Diese ausbaufähigen Wasserkräfte liegen fast ausschließlich im Gebirge oder in dessen Vorland.

Bild 4 zeigt eine Wasserkraftzentrale mit 3 Einfach-Francis-Spiralturbinen mit direkt gekuppelten Drehstromgeneratoren von je 500 kVA Leistung bei einer Spannung von 3150 V und bei 150 Umdr/min. Der Gleichstrom für die Erregung der drei Generatoren wird durch besondere Gleichstrom-Dynamomaschinen erzeugt, von denen jede mit ihrem Generator direkt gekuppelt ist. Der in der Zentrale erzeugte Strom wird durch Kabel einem vom Hochdruckkrafthaus getrennt errichteten Schalt- und Transformatorenhaus zugeführt, um dort auf die in den Fabriksälen gebrauchte niedrige Spannung von 380 V transformiert zu werden.

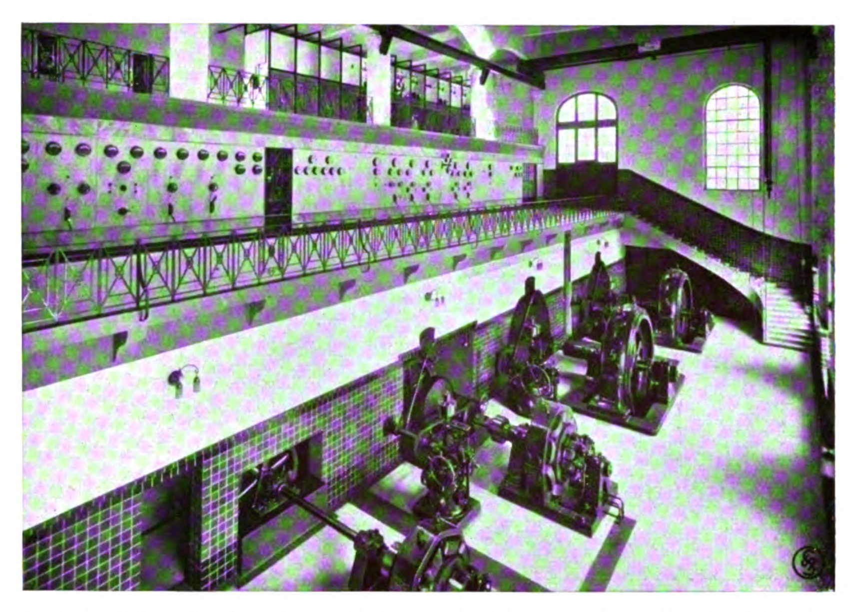


Bild 5. Wasserkraftzentrale. 3 Francis-Turbinen, gekuppelt mit 2 Drehstromgeneratoren von je 525 kVA und 2 Gleichstromgeneratoren von 130 u. 230 kW Leistung. Schaltanlage u. Hochspannungszellen f. Überlandanschluß.

Bild 5 gibt einen guten Überblick über eine größere Wasserkraftzentrale mit Schaltanlage.

Im Vordergrunde steht eine Gleichstrom-Lademaschine, 130 kW, n = 280, angetrieben von einer Turbine, die auch die dahinter liegende Gleichstrommaschine von 230 kW Leistung antreibt. Die beiden weiter hinten sichtbaren Drehstromgeneratoren von je 525 kVA Leistung, 500 V, 214 Umdr/min, sind mit den Wasserturbinen direkt gekuppelt.

Im ersten Stock sind die Niederspannungs-Schalttafeln angeordnet, links für den Gleichstromteil, rechts – durch die Tür getrennt – für den Drehstromteil. Darüber liegen Zellen für die 6000 V-Ölschalter des Überlandanschlusses.

Neben den großen Wasserenergiequellen spielen eine gewisse, wenn auch nicht ausschlaggebende Rolle kleinere Wasserkraftwerke, die besonders zur Zeit reichlichen Wasserzuflusses einen Teil des Bedarfes der in den Werksanlagen benötigten Energie decken. Da die meisten Unternehmungen nur während der Tagesstunden arbeiten, so stehen von Überlandwerken und den eigenen Fabrikturbinen-Anlagen nachts reichliche Energiemengen zur Verfügung, deren zweckmäßige Ausnutzung sowohl für die Überlandzentrale als auch für die einzelnen Industrieunternehmungen von Vorteil ist. Hierfür ist die Errichtung hydroelektrischer Akkumulierungsanlagen besonders geeignet.

Es handelt sich bei dieser Art von Anlagen um eine periodische Akkumulierung von Energie unter Benutzung von natürlichen und künstlichen Staubecken, deren gegenseitiger Höhenunterschied unter Zuhilfenahme von Pumpenanlagen zur Aufspeicherung während der Nachtstunden und Wiederverwertung der aufgespeicherten Energie in der Zeit erhöhten Energiebedarfs während der Tagesstunden benutzt wird.

Unternehmungen, die ihre Antriebsenergie durch Ausnutzung einer Wasserkraft beziehen, sind zur Deckung ihres Wärmebedarfes gezwungen, eine Niederdruckkesselanlage aufzustellen. In manchen Fällen können dazu zweckmäßig Elektro-Dampfkessel verwendet werden. Sie haben sich sehr gut bewährt und gestatten, gegebenenfalls unter Verwendung eines Wärmespeichers, eine sehr wirtschaftliche Verwendung der nachts brachliegenden Turbinenanlage.

Von Verbrennungskraftmaschinen hat der Dieselmotor bereits Eingang in zahlreiche Textilfabriken gefunden. Er beansprucht wenig Platz, da Kesselanlagen fortfallen. Er verursacht keine Geruch- und Rauchbelästigung, ist augen-

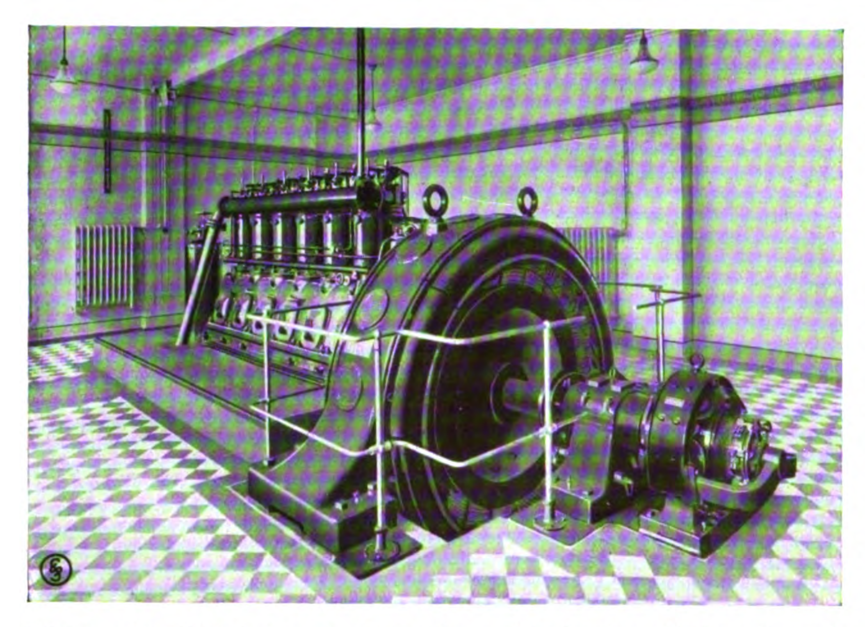


Bild 6. Diesel-Zentrale. Kompressorloser Dieselmotor, direkt gekuppelt mit einem Drehstromgenerator von 140 kVA Leistung.

blicklich betriebsbereit, einfach zu bedienen und ohne Konzession auch unter bewohnten Räumen aufstellbar. Zum Betrieb eignen sich alle Arten flüssiger Brennstoffe, besonders die schwer entzündlichen Mineralöle, wie das bei der Verarbeitung des rohen Erdöles als Nebenerzeugnis in großen Mengen entfallende Gasöl und das schwere Steinkohlenteeröl. Mit Rücksicht auf die schwere Entzündlichkeit dieser Treiböle ist weder deren Lagerung in großen Mengen noch der Betrieb selbst mit Feuersgefahr verbunden. Der Dieselmotor hat auch keinerlei Zündvorrichtung, weder Zündflammen noch elektrische Funken. Die Entzündung geschieht innerhalb des Arbeitszylinders in der durch Kompression erhitzten Luft, so daß also das Treiböl außerhalb des Motorzylinders mit keiner Flamme in Berührung kommt. Diese Ungefährlichkeit des Dieselmotors sowohl in bezug auf Feuer als auch Explosion ist für die Textilindustrie von ganz besonderer Bedeutung.

Seine Abgase können zum Anwärmen von Wasser und Luft weiter verwendet werden. Zweckmäßig findet er da seine Aufstellung, wo wenig Heiz- bzw. Fabrikationswärme gebraucht wird. Bild 6 zeigt einen kompressorlosen Dieselmotor, direkt gekuppelt mit einem Drehstromgenerator von 140 kVA bei 300 Umdr/min. Auch hier fällt der geringe Raumbedarf sowie die übersichtliche Anordnung sofort in die Augen.

Die zentrale Krafterzeugung die in den vorhergehenden Bildern vor Augen geführt wurde, hat neben den rechnerisch nachweisbaren Vorteilen, wie geringste Anlagekosten, niedrige Betriebskosten durch zweckmäßige Kupplung der Kraft- und Wärmewirtschaft und dadurch bedingte geringe Strom- bzw. Kohlenkosten auch noch andere Vorzüge, die sich nicht ohne weiteres in Zahlen ausdrücken lassen, die aber trotzdem sehr zu beachten sind. Als solche seien genannt: die Möglichkeit, spätere Erweiterungen bzw. Umstellungen vornehmen zu können, ohne den bisherigen Betrieb empfindlich zu stören, ferner eine elastische, äußerst übersichtliche und einfache Betriebsführung, ein Vorteil, der in Unternehmen nicht hoch genug angeschlagen werden kann, bei denen jeder unbeabsichtigte Stillstand die größten geldlichen Verluste zur Folge hat.

Neue elektrische Einzelantriebe für Spinnereimaschinen

Von Dipl.-Ing. Eberhard Baltz, Abteilung Industrie der SSW.

In den letzten Jahren ist es gelungen, auf dem Gebiete des Einzelantriebes von Spinnereimaschinen einige wesentliche Fortschritte zu erzielen, deren Auswirkung für den Garnerzeuger, vom betriebstechnischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus gesehen, von großer Bedeutung ist. Es handelt sich um den Einzelantrieb der Wanderdeckelkrempel und des Mehrzylinder-Wagenspinners. Zweck der hierunter folgenden Ausführungen soll es sein, die Aufgaben zu zeigen, welche die SSW zu lösen hatten, ferner, wie die Lösung durchgeführt ist und wie sie sich in ihren Folgen für die Spinnereibetriebe auswirkt, damit der Garnher-

steller seine Schlußfolgerungen bezüglich der von ihm noch zu treffenden Dispositionen ziehen kann.

A. Der Antrieb der Wanderdeckelkrempel.

Es ist wohl unbestritten, daß die Wanderdeckelkrempel in der Baumwollspinnerei eine der wichtigsten Maschinen ist, ja vielleicht die wichtigste, weil sie im Verlaufe des Spinnprozesses das letzte Arbeitsmittel darstellt, das vor der Herstellung des Fadens die Auflösung der Baumwolle in die Einzelfaser und ihre endgültige Befreiung von unerwünschten Beimengungen und Verunreinigungen, wie den zu kurzen Fasern, Schalen, Staub u. dergl. besorgt. Der Spinner hat deshalb immer dieser Maschinengattung seine ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt, weil er sich mit vollem Recht bewußt war, daß bei nicht einwandfreiem Arbeiten der Krempel ein sauberer und gleichmäßiger Faden nicht zu spinnen war.

Die Krempelei ist nun in den Spinnereien diejenige Betriebsabteilung gewesen, in welcher der Einzelantrieb zuletzt Eingang fand, da er scheinbar keine besonderen Vorteile bot. Trotzdem sind solche vorhanden. Sie äußern sich hier wie in jedem anderen Falle einmal durch den Fortfall der durch die Transmissionsreibung und den Riemenschlupf bedingten Energieverluste, im Zusammenhang mit der Tatsache, daß der Einzelantrieb bei Stillstand einzelner Maschinen keine Energie verbraucht. Im Gegensatz dazu ist das bei Transmissionsantrieb der Fall, weil auch bei Stillstand einzelner Krempeln die Transmission mit den Riemen und Losscheiben läuft. Ferner hat der Einzelantrieb noch den Vorteil, daß die gewünschte Maschinendrehzahl immer eingehalten werden kann. Die Richtigkeit dieser Feststellung wird einleuchtend, wenn man überlegt, daß bei Transmissionsantrieb wegen des unvermeidlichen Riemenschlupfes die Istdrehzahl der Maschinen niemals gleich der Solldrehzahl ist, sondern tiefer liegt. Diese Abweichung ist immer verschieden, weil der Riemenzustand nie der gleiche ist, so daß es bei Transmissionsantrieb nicht möglich ist, den eben festgestellten Fehler durch entsprechende Wahl der Riemenscheiben auszugleichen. Der Krempeleinzelantrieb mit Zahnrädern gestattet nun, jederzeit die gewünschte Tambourdrehzahl genau einzuhalten, weil eine konstante Motordrehzahl zwangläufig auf die Tambourwelle übertragen wird.

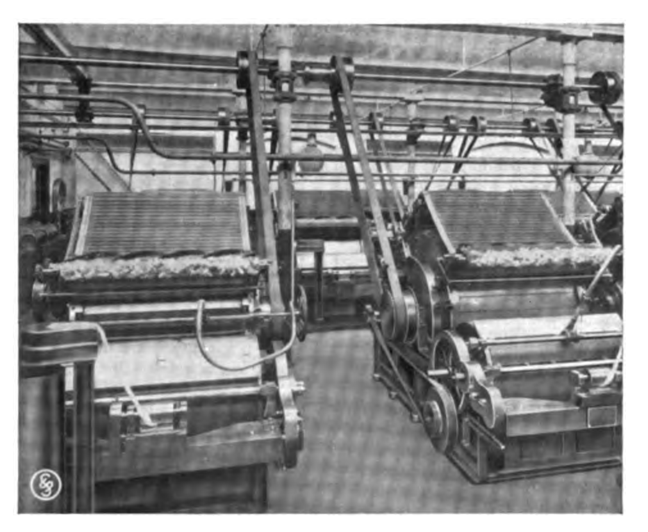


Bild 1. Veralteter Transmissionsantrieb einer Krempelei.

Einen weiteren Vorteil des Einzelantriebes gegenüber dem Gruppenantrieb erkennt man noch, wenn man sich das Bild einer mit Transmissionsantrieb ausgerüsteten Krempelei vergegenwärtigt. Eine solche ist in Bild 1 dargestellt. Die Verstaubung ist in diesen Betriebsräumen ziemlich erheblich. Das Erfordernis, neben den Maschinen, Fußböden usw. auch noch die Transmissionsstränge regelmäßig säubern zu müssen, trägt nicht dazu bei, die Betriebsführung zu vereinfachen. Ferner verursacht die Unterhaltung der vielen Treibriemen erhebliche Kosten, die sich im Laufe der Jahre ganz bedeutend summieren. Hinzu kommt der für die Transmission erforderliche Schmierölverbrauch, der ein vielfaches desjenigen bei Einzelantrieb darstellt. Alle diese Momente haben schon seit vielen Jahren Veranlassung gegeben, auf die Ausbildung eines zweckentsprechenden Einzelantriebes für Baumwollkrempeln hinzuarbeiten.

Der elektrische Einzelantrieb dieser Maschinengattung wurde nun von jeher dadurch wesentlich beeinflußt, daß die Krempel hinsichtlich ihres zahlenmäßigen Anteiles an dem Gesamtmaschinensortiment mit an erster Stelle steht. Nachdem das letztere Moment in sehr engem Zusammenhang mit dem in Grund und Boden, ferner in den Gebäuden investierten Kapital steht, ist ohne weiteres klar ersichtlich, daß die Frage des elektrischen Einzelantriebes von der-

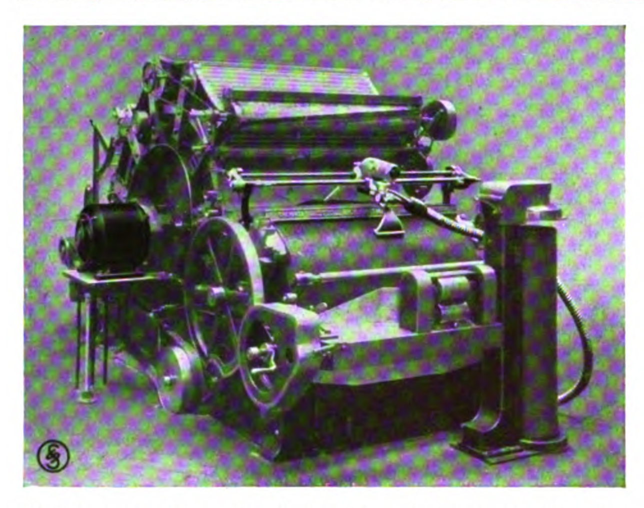


Bild 2. Bisheriger elektrischer Einzelantrieb für Wanderdeckelkrempeln.

jenigen des Platzbedarfs wesentlich beeinflußt wird.

Eine der bisher besten Lösungen war wohl diejenige, bei welcher der Antrieb auf den Tambour unter Zuhilfenahme von Ritzel und Zahnrad derart erfolgte, daß das große Rad an Stelle der Festscheibe auf der Tambourwelle fest aufgekeilt war, während der Motor auf einem am Seitengestell der Maschine befestigten Konsol aufgestellt war. Oft wurde dieses Konsol wegen seiner Ausladung und der Belastung durch das Motorgewicht besonders unterstützt. Einen solchen Antrieb zeigt Bild 2. (Die auf dem Bild sichtbare, von den SSW durchgebildete elektrische Krempelentstaubung wird

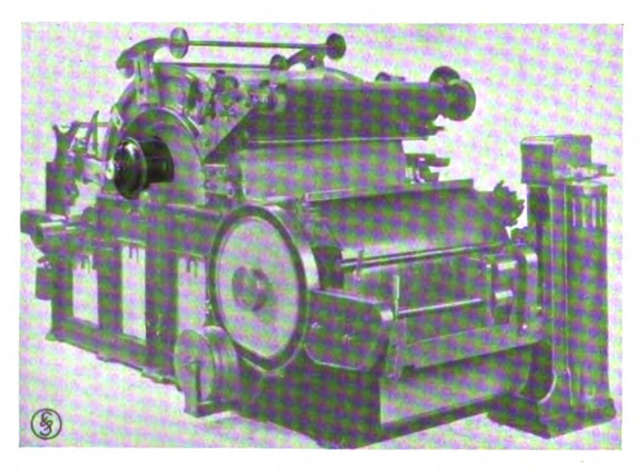


Bild 3. Neuzeitlicher elektrischer Einzelantrieb für Wanderdeckelkrempeln D. R. P.

an anderer Stelle dieses Heftes eingehend beschrieben.) Die Ausführung des Antriebes ist spinntechnisch in jeder Beziehung einwandfrei und wird allen Anforderungen gerecht, die der Spinner unbedingt an seine Krempeln stellen muß. Bei näherer Betrachtung des Bildes fällt jedoch ein Nachteil ins Auge. Dieser Nachteil ist die etwas größere Maschinenbreite gegenüber der Ausführung mit Fest- und Losscheibe, und so ist es erklärlich, daß bisher von einer endgültigen Entscheidung der Frage, ob für Wanderdeckelkrempeln der Einzelantrieb dem Transmissionsantrieb vorzuziehen ist oder nicht, keineswegs die Rede sein konnte.

Die SSW haben sich bemüht, ein Antriebsmittel für die zur Besprechung stehende Maschinengattung zu schaffen, das bei voller Betriebsbrauchbarkeit nicht mit dem zuletzt erwähnten Mangel behaftet ist. Bei der Überlegung der Frage, wie der beschriebene Nachteil aus der Welt zu schaffen ist, erkennt man bald, daß die Breite des Arbeitsmittels „Krempel plus Antrieb" durch die Anordnung der Zahnradübersetzung bedingt wird. Nachdem bei den bisherigen Ausführungen das große Rad an die Stelle der Festscheibe trat, mußte unter allen Umständen die Außenkante des Motors weiter außerhalb liegen als die Außenkante der Losscheibe bei den bisher für Transmissionsantrieb ausgeführten Maschinen.

Diese Erkenntnis führte die SSW dazu, einen Antrieb durchzubilden, bei dem das Antriebsmittel (großes Rad) zwischen den beiden Tambourlagern angeordnet ist (D. R. P. 421421). Praktisch ist die Frage so gelöst, daß das Rad innerhalb der Maschine dicht hinter dem Tambourlager auf der Antriebsseite sitzt. Hierdurch ist es möglich, den Motor um den Betrag der Einwärtsrückung der Räderübersetzung in die Maschine hineinzuverlegen, wodurch es erreicht ist, daß die Maschine nicht mehr breiter ist als die alte Transmissionsausführung. Der neue elektrische Einzelantrieb würde es an sich ermöglichen, die Krempeln sogar schmaler auszuführen als bisher.

Bild 3 zeigt den neuen Antrieb auf dem Montagestand der Maschinenfabrik kurz vor dem Versand. Besonders deutlich ist hier die Anordnung des Motors zu erkennen. Dieser ist mit seinem Fuß auf dem Oberflansch des Krempelseitengestells durch Schrauben in sehr solider Weise befestigt. Die Achsenparallelität zwischen Motor- und Tambourwelle ist durch eine Anschlagleiste gewährleistet.

Der Tambour wird in folgender Weise angetrieben: Hinter dem Tambourlager ist ein Rad befestigt, in das ein auf dem nicht sichtbaren (hinteren) Wellenstumpf des Motors angeordnetes Ritzel eingreift. Beide Räder sind durch ein leicht zu entfernendes, am Krempelbogen befestigtes Schutzblech verdeckt, so daß Betriebsunfälle sicher vermieden sind. Auf dem äußeren Wellenstumpf des Motors ist eine Schnurscheibe für den Antrieb der Ausstoßbürste vorgesehen. Diese Scheibe kann in manchen Fällen fortfallen, wodurch die Ausladung des Antriebes weiter vermindert wird.

Der Motor wird gewöhnlich durch einen (auf dem Bilde nicht sichtbaren) Walzenschalter betätigt. Ferner ist ein Umschalter vorgesehen, um zum Schleifen des Tambours die Drehrichtung umkehren zu können.

Der Strom wird am zweckmäßigsten durch im Fußboden angeordnete Kabel und an gleicher Stelle vorgesehene gußeiserne Verteilungskästen (für den Anschluß mehrerer Krempeln) zugeführt, welche die Motorsicherungen enthalten. Neben der bequemen Durchführung der Kraftverteilung hat diese Anordnung den weiteren Vorteil, daß die Schalter wegen ihrer durch den Fortfall der Sicherungen erzielten geringstmöglichen räumlichen Ausdehnung sehr leicht an der für die Bedienung zweckmäßigsten Stelle der Krempel angebaut werden können.

Die Leitungen werden vom Verteilungskasten über den Schalter zum Motor zweckmäßigerweise im Innern der Maschine geführt.

Wie ohne weiteres ersichtlich ist, stellt der so von den SSW neu durchgebildete elektrische Einzelantrieb für Wanderdeckelkrempeln ein Arbeitsmittel dar, das den praktischen Erfordernissen des Spinnereibetriebes in jeder Beziehung gerecht wird. Bei den als Antriebsmotoren in Drehstromanlagen anzuwendenden praktisch unverwüstlichen Drehstrom-Kurzschlußmotoren geht der Anlauf spielend leicht vor sich. Dabei ist es durch den vorgesehenen Umschalter möglich, die Maschinen zum Schleifen des Tambours jederzeit rückwärts laufen zu lassen. Auch das mechanische Ausstoßen läßt sich bequem vornehmen. Der Platzbedarf der Krempel ist infolge der besonderen Anordnung des Antriebes gering. Unter Berücksichtigung sämtlicher den Preis beeinflussenden Momente sind die Anschaffungskosten bei Einzelantrieb nicht höher als bei Transmissionsantrieb. Diese Vorteile in Verbindung mit dem Fortfall der umfangreichen Transmissionsanlagen und deren umständlicher und teuerer Instandhaltung und Wartung sind für den Spinner vom betriebstechnischen und wirtschaftlichen Standpunkt aus von außerordentlicher Bedeutung.

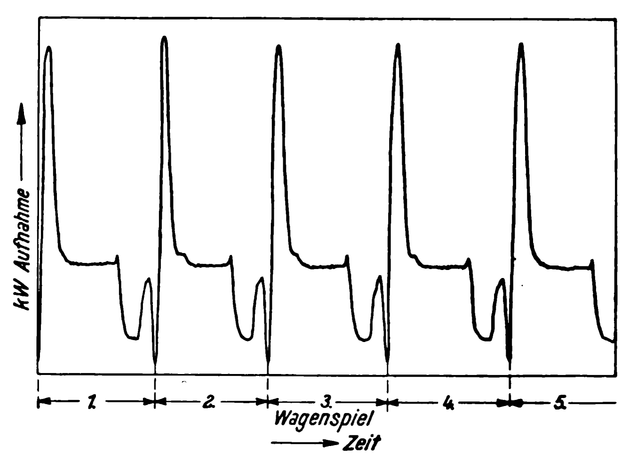


Bild 4. Leistungsschaubild eines Mehrzylinderwagenspinners.

B. Der Antrieb der Mehrzylinder-Wagenspinner für Baumwolle und Kammgarn.

Der elektrische Einzelantrieb dieser Maschinen war für die Elektrotechnik von jeher eine der schwierigsten Aufgaben. Die Gründe für die große Zahl der zu überwindenden Hindernisse kann man nur erkennen, wenn man sich an die besondere Arbeitsweise der Wagenspinner erinnert, die den Charakter der Leistungsbedarfskurve, bezogen auf ein Wagenspiel, bedingt.

Zum näheren Verständnis ist in Bild 4 eine solche Kurve veranschaulicht. Man erkennt hier sofort als besonders auffällig die große Spitze des Leistungsbedarfs bei Beginn der Wagenausfahrt. Die Ursache hierfür ist in der an dieser Stelle erforderlichen Beschleunigung der Hauptwelle mit Scheiben und der Trommeln zu suchen.

Die Schwierigkeiten, welche diese Verhältnisse für eine erfolgreiche Lösung der Frage des elektrischen Einzelantriebs für Mehrzylinder-Wagenspinner bedeuteten, sind schon frühzeitig erkannt und Schritte zu ihrer Beseitigung versucht worden. Die erste Überlegung war so, daß man anstrebte, Mittel zu finden, die es ermöglichten, vom Antriebsmotor den durch die

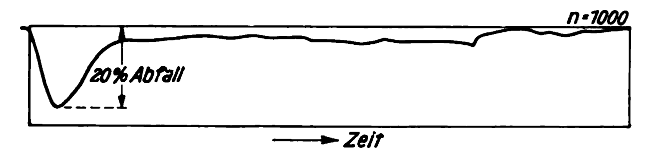


Bild 5. Motordrehzahlen während eines Wagenspieles des neuzeitlichen elektrischen Einzelantriebes D. R. P. für Mehrzylinderwagenspinner.

Arbeitsweise des Wagenspinners bedingten schwankenden Leistungsbedarf der Arbeitsmaschine fernzuhalten derart, daß der Motor eine möglichst konstante Leistung abgab. Die gefundene Lösung sah so aus, daß mit der Welle des Antriebsmotors ein Schwungrad gekuppelt wurde, das den Motor bei der Belastungsspitze entlasten und in den Tälern der Leistungskurve durch Beschleunigung Energie aufnehmen sollte.

Auf den ersten Blick scheint dieser Wagenspinnerantrieb die oben gekennzeichnete Aufgabe gelöst zu haben. Eine nähere Überlegung zeigt aber sofort, daß die gewählte Antriebsart grundfalsch ist, eine Erkenntnis, welche die Praxis nachher auch voll bestätigt hat.

Die Gründe hierfür liegen in der Anordnung des Antriebes im ganzen. Der elektrische Wagenspinnerantrieb muß auf Grund der heutigen Maschinenkonstruktion fast durchweg so durchgebildet werden, daß der an der Decke aufgehängte Motor die Maschine mit Riemen antreibt. Wenn man jetzt mit dem Motor ein Schwungrad kuppelt, so wird zwar der erstere bei Beginn der Wagenausfahrt von der Leistungsbedarfsspitze entlastet. Die vom Schwungrad abgegebene Energie kommt jedoch keineswegs der Arbeitsmaschine zugute. Die Folge der falschen Antriebsanordnung äußert sich vielmehr so, daß der Riemen wegen seiner übermäßigen Belastung überanstrengt wird und rutscht. Aus diesem Grunde geht die vom Schwungrad abgegebene Energie, die selbstverständlich vorher, besonders während des Abschlagens, durch Beschleunigung des ersteren erzeugt wurde, als Reibungswärme verloren, woraus sich wiederum ein übermäßiger Riemenverschleiß ergibt, der keineswegs zur Verringerung der Selbstkosten dient. Die Überanstrengung des Riemens äußert sich weiter noch in einer ungenauen Arbeitsweise des Wagenspinners, wodurch die Güte des gesponnenen Fadens verschlechtert wird. Insbesondere hat die harte Ausfahrt Unzuträglichkeiten, wie dünne Stellen im Garn, zur Folge.



Bild 6. Neuzeitlicher elektrischer Einzelantrieb für Mehrzylinderwagenspinner D. R. P.

Auf Grund der mit dem beschriebenen Antrieb gemachten schlechten Erfahrungen wurde er bald wieder verlassen, und es wurden weitere Mittel zur Erreichung eines einwandfreien Antriebs gesucht. Eingehende Überlegungen und Versuche zeigten dann einen Weg, der restlos zum Ziele führte.

Betrachten wir noch einmal kurz das Diagramm Bild 4, so sehen wir, daß die Spitze im Leistungsbedarf bei Beginn der Wagenausfahrt unbedingt zu einem Rutschen des Riemens führen muß, weil ruhende Massen (Festscheiben, Spinntrommeln) durch eine Beschleunigung auf eine vorhandene Geschwindigkeit (Riemengeschwindigkeit) gebracht werden müssen. Hieran ist also nichts zu ändern. Es gilt vielmehr, zu erreichen, daß der Riemenrutsch auf das geringstmögliche Maß beschränkt wird. Der auf Grund dieser Erwägungen von den SSW gebaute Einzelantrieb für Wagenspinner wird diesem Zweck nun in vollkommener Weise dadurch gerecht, daß der angewendete Drehstrom-Asynchronmotor in Spezialausführung gemäß D. R. P. Nr. 402934 mit einem Kippschlupf von etwa 15—25 % ausgeführt wird. Durch diese besondere Bauart fällt der Motor bei Beginn der Wagenausfahrt in seiner Drehzahl um etwa 12—22 % ab, er kommt also gewissermaßen mit seiner Geschwindigkeit derjenigen der zu beschleunigenden Teile entgegen, wodurch der Riemenrutsch auf das geringstmögliche Maß beschränkt ist.

Dies ist sehr deutlich aus der Motordrehzahlkurve (Bild 5) ersichtlich, wo der Drehzahlabfall beim Beginn der Ausfahrt mit 20 % zu erkennen ist. Gleichzeitig ist aus demselben Bild weiter

zu sehen, und das ist für die Produktion von großer Bedeutung, daß nach dem Drehzahlabfall in außerordentlich kurzer Zeit, kürzer als bei den früheren Antrieben, wieder die volle Motordrehzahl erreicht wird. Dadurch wird die Spieldauer auf das äußerste verkürzt.

Der moderne Sonderantrieb für Wagenspinner der SSW (Bild 6) hat also gegenüber den bisher üblichen Bauarten ganz erhebliche Vorteile. Kurz zusammengestellt sind dies die folgenden:

1. Durch die stoßfreie, elastische Beschleunigung der Spindeln und des Wagens werden dünne Stellen im Garn vermieden, wodurch sich die Güte des Garnes erhöht.

2. Das gleichmäßige Wagenspiel und die sanfte Beschleunigung gestatten, die Drehzahl der Spindeln bis auf ein Höchstmaß zu bringen, wodurch die Spieldauer abgekürzt und die Produktion durchschnittlich um 6—15 % gesteigert werden kann.

3. Durch den gleichmäßigen Betrieb werden die Riemen geschont und Reparaturen am Wagenspinner auf ein Mindestmaß herabgedrückt.

4. Dadurch, daß die Wagenspinner gegenüber Transmissionsantrieb unabhängig voneinander arbeiten, wird die Betriebssicherheit erhöht und Leerlaufverluste werden vermieden.

5. Gegenüber der veralteten Ausführung wird eine Verbilligung des Antriebes erzielt, die durch den Fortfall des schweren Schwungrades begründet ist.

Der SSW-Antrieb für Wagenspinner läuft bereits in zahlreichen Anlagen und hat sich in jeder Beziehung auf das beste bewährt.

Versuchen wir, die oben beschriebenen neuen Antriebe in ihrer Bedeutung für den Textilbetrieb abzuschätzen, so sehen wir, daß sie den Forderungen, bei hoher Güte des Erzeugnisses die höchste Arbeitsgeschwindigkeit und damit geringste Produktionskosten zu erreichen, in jeder Beziehung gerecht werden. Diese Vorteile fallen in der heutigen Zeit besonders ins Gewicht.

Die elektrischen Antriebe in der Streichgarnspinnerei

Von Oberingenieur H. Schultz, Abteilung Industrie der SSW.

In der Streichgarnspinnerei werden Fasern versponnen, für die das Spinnverfahren der Feinspinnerei nicht geeignet ist, weil das Garn entweder besonderes Aussehen oder besondere Eigenschaften haben soll, oder weil die zu verspinnenden Fasern zu kurz sind.

Das Spinnverfahren der Streichgarnspinnerei unterscheidet sich von dem der Feinspinnerei hauptsächlich dadurch, daß der Arbeitsgang wesentlich kürzer ist, da ein großer Teil der Vorbereitungsmaschinen entfällt (wie Strecken, Kämmaschinen und Vorspinnmaschinen) und aus dem Grundflor an Stelle eines Vorgarnfadens viele Fäden, etwa 100 bis 200 hergestellt werden (siehe Bild 1). Der fertige Faden hat im Gegensatz zum Faden der Feinspinnerei eine rauhe, wollige Oberfläche und fühlt sich weich an. Der Faden sieht wie gekratzt oder gestrichen aus; daher auch die Bezeichnung „Streichgarn".

Wolle wird überwiegend in der Streichgarnspinnerei verarbeitet, aber auch die Menge der nach diesem Verfahren versponnenen Baumwolle ist bedeutend. Es werden etwa 20 % der jährlichen Baumwollernte in Streichgarnspinnereien verarbeitet.

Außer Wolle und Baumwolle werden noch viele andere Gespinstfasern aus dem Tier-, Pflanzen- und Mineralreich und insbesondere

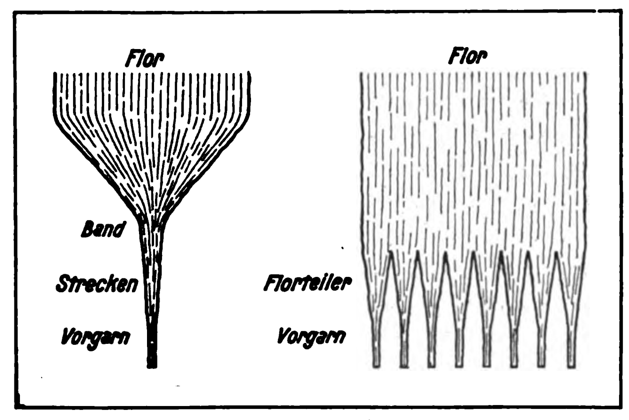


Bild 1. Vorgarnbildung
in der Feingarnspinnerei, in der Streichgarnspinnerei.

Abfälle und Mischfasern mit Vorteil in der Streichgarnspinnerei versponnen. Die Benennung der Spinnereien ist daher je nach dem

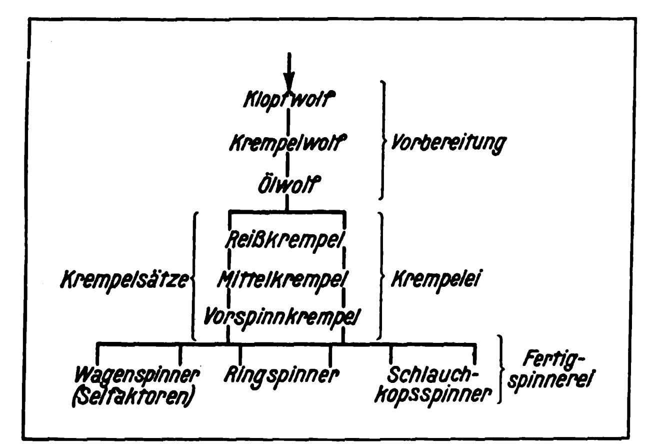


Bild 2. Spinnplan einer Woll-Streichgarnspinnerei.

Spinngut und dem Erzeugnis sehr verschieden. Man findet am häufigsten folgende Bezeichnungen: Vigognespinnerei, Abfallspinnerei, Grobgarnspinnerei, Imitatspinnerei und Zweizylinderspinnerei. Die letzte Benennung bezieht sich auf die zur Anwendung gelangenden Wagenspinner (Selfaktoren), die im Gegensatz zu den in der Feinspinnerei verwendeten kein Streckwerk, sondern nur ein Lieferwerk, mit meist zwei Unterzylindern, haben.

Es ergibt sich aus all diesem, daß die Streichgarnspinnerei ein wichtiges Glied der Textilindustrie bildet, und doch hat die Elektrotechnik sich gerade diesem Gebiete erst in den letzten Jahren, dann aber um so eingehender, zugewendet. Im nachstehenden soll näher auf die verschiedenen Einzelheiten eingegangen werden und insbesondere die Antriebe in neuzeitlichen Streichgarnspinnereien für Wolle und Baumwolle sowie Mischfasern besprochen werden.

Die Aufgaben sind grundsätzlich dieselben, wie sie allgemein für Textilanlagen gelten, und zwar handelt es sich darum, für die einzelnen Arbeitsmaschinen geeignete Antriebe zu schaffen: Sonderausführungen, die der Arbeitsweise voll Rechnung tragen, so daß die Bedienung der Maschinen sich möglichst einfach gestaltet und die Leistungsfähigkeit sowohl hinsichtlich der Menge als auch der Güte weitestgehend gesteigert werden kann. Es hat sich dabei naturgemäß ein Kampf zwischen dem alteingesessenen Transmissionsantrieb und dem elektrischen Einzelantrieb herausgebildet, aus dem der letztere unbestritten als Sieger hervorgegangen ist.

Die Verwendung von Transmissionen bedingt stets Kompromisse. Entweder müssen vielfach unterteilte, schlecht ausgenutzte Transmissionsstränge angeordnet werden, oder aber man ist gezwungen, von dem erwünschten kurzen Transportweg für das Fasergut abzuweichen und die Maschinen entsprechend der Transmission anzuordnen. Man gerät also hinsichtlich der Aufstellung der Maschinen in Abhängigkeit von der Transmission.

Zu den vorerwähnten Schwierigkeiten kommen noch die durch Riemenschlupf und Belastungsschwankungen auftretenden Drehzahländerungen, die sich bei dem kurzen Arbeitsgang des Spinngutes durch die wenigen Maschinen sehr unangenehm bemerkbar machen können. Ungleichmäßigkeiten des Garnes zeigen sich besonders bei der fertigen Ware, die z. B. bei Wirkwaren durch wolkiges Aussehen den Wert des Erzeugnisses stark beeinflussen. Beanstandungen der Käufer und schlechte Preise sind die unangenehmen Folgen. Nachprüfungen zeigen in Transmissionsanlagen fast stets, daß die Solldrehzahl nicht erreicht wird: die Differenz muß als Produktionsverlust bezeichnet werden. All dies kann durch zweckmäßige Einzelantriebe vermieden werden.

Auch auf die Gebäudekosten übt bei Neuanlagen die Transmission einen nicht unwesentlichen Einfluß aus. Sie bedingt bei den hauptsächlich angewendeten Shedbauten eine verstärkte Dachkonstruktion und verhältnismäßig dichte Säulenanordnung. Durch Anwendung des Einzelantriebes läßt sich, wie die Bilder zeigen, eine vollständige Entlastung des Daches von zusätzlichen Beanspruchungen erreichen. Dadurch kann die Dachkonstruktion leichter und der Abstand der Säulen größer gewählt werden. Die damit erzielbare Kostenersparnis beträgt etwa 15 bis 20% für diese Teile, so daß die Gesamtkosten einer richtig projektierten Anlage mit Einzelantrieben sich niedriger, zum mindesten aber nicht teurer stellen als die einer Transmissionsanlage.

Über die in der Wollstreichgarn-Spinnerei zur Anwendung gelangenden Maschinen gibt der Spinnplan (Bild 2) Aufschluß. Die Maschinen der Vorbereitung (Klopf-, Krempel- und Ölwolf) sind für die Bestimmung des Antriebes als gleichwertig anzusehen. Zu beachten sind der schwere Anlauf der gewichtigen Trommeln und die

Überlastungsstöße, wie sie besonders bei Handbeschickung auftreten. Die Motoren müssen diesen Forderungen anstandslos entsprechen. Ferner sind sie zum Schutz gegen Staub ganz geschlossen auszuführen, und die Bedienung muß so einfach als möglich sein.

Bild 3 zeigt den Antrieb eines Krempelwolfes, der diesen Bedingungen entspricht. Er besteht aus einem Kurzschlußläufermotor mit genügend hohem Anzugsmoment und einem einfachen Walzenschalter mit in der Anlaßstellung überbrückten Sicherungen, so daß diese dem Betriebsstrom möglichst angepaßt werden können. Dem Zahnradantrieb oder Kettentrieb gibt man den Vorzug, da Riementrieb mehr Wartung und Platz bedingt und den Anlauf unsicher gestaltet. Auch kann das Übersetzungsverhältnis zwischen Trommel und Motordrehzahl nicht so groß gewählt werden, so daß man langsamer laufende Motoren, d. h. teuere Motoren, verwenden muß. Im Hintergrund des Bildes 3 ist der Antrieb des Lüfters für die pneumatische Fasergutbeförderung ersichtlich. Der Flügel des Lüfters sitzt auf der Welle des Kurzschlußläufermotors, stellt also die denkbar einfachste Ausführung dar.

Wie ein Vergleich der beiden Spinnpläne (Bild 2 und 4) zeigt, werden sowohl in der Woll- als auch in der Baumwoll-Streichgarnspinnerei nach der Vorbereitung dieselben Maschinen zur Weiterverarbeitung verwendet. Die Antriebe dieser Maschinen können also gemeinsam behandelt werden. Im Gegensatz dazu weichen die Maschinen in der Vorbereitung voneinander ab, und es soll daher zuerst auf diese eingegangen werden.

Bild 4 zeigt den Spinnplan einer Baumwoll-Streichgarnspinnerei, in der ostindische Baumwolle und Abfälle versponnen werden. Die Vorbereitung enthält dieselben Maschinen wie die der Feinspinnerei. Der gesamte Öffnersatz, im Hintergrund der Voröffner mit Kastenspeiser, im Vordergrund die Schlagmaschine, ist in Bild 5 dargestellt. Kennzeichnend für diese mustergültige Anlage ist die gedrängte und übersichtliche Anordnung der Maschinen, ferner die reichliche Anwendung von Einzelmotoren. Gerade diese ermöglicht die gute Raumausnutzung sowie bequeme Bedienung. Auch hinsichtlich der Raumhöhe kann durch das Fehlen jeglicher Transmission gespart werden. Der Arbeitsraum

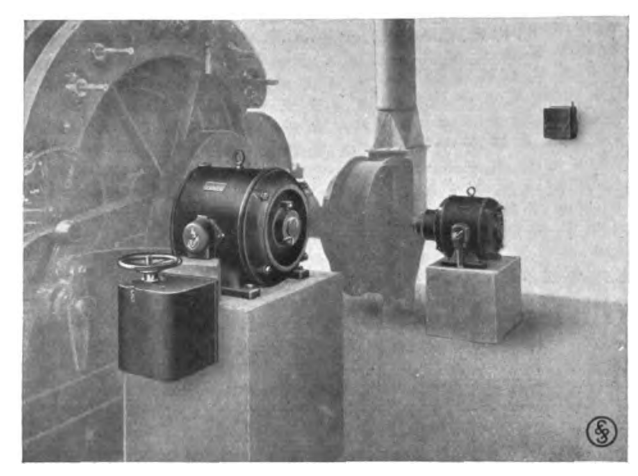


Bild 3. Antrieb eines Krempelwolfes und eines Ventilators für Fasertransport.

macht einen ruhigen Eindruck, was auch auf dem Bild zum Ausdruck kommt. Dies sind alles Vorteile, die sich nicht zahlenmäßig erfassen lassen. Daneben ergibt sich aber eine nicht unwesentliche Energieersparnis, weil es leerlaufende Transmissionen nicht gibt und die Motoren großenteils mit den schnellaufenden Wellen der Arbeitsmaschinen direkt gekuppelt sind. Da der Energiebedarf der Maschinen sehr niedrig ist, er bewegt sich zwischen 1,5 und 3 kW, würde bei Transmissionsantrieb neben den Verlusten in den Transmissionslagern ein ganz erheblicher Prozentsatz an Energie durch Riemen-

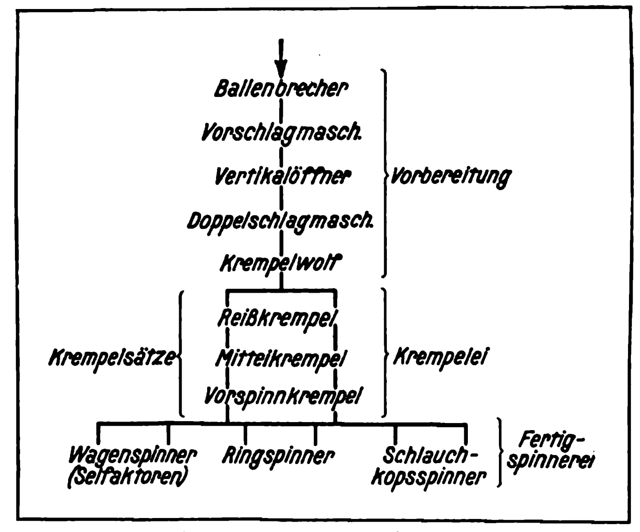


Bild 4. Spinnplan einer Baumwoll-Streichgarnspinnerei.

biegungsarbeit und Riemenrutsch nutzlos aufgebraucht werden. Dagegen ist der Eigenverbrauch der Motoren mit Käfigwicklung und Kugellagern

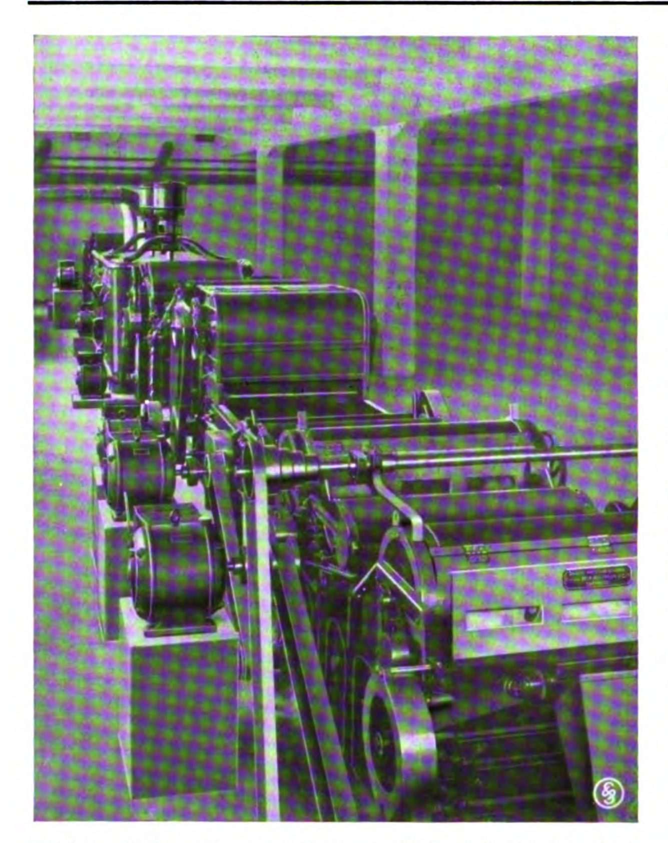


Bild 5. Öffnersatz einer Baumwoll-Streichgarnspinnerei.

gering. Stillstandsverluste treten nicht auf: ein charakteristisches Merkmal des Einzelantriebes. Die Motoren sind ebenfalls in geschlossener Ausführung gebaut, und ihre Bedienung erfolgt durch kräftige Walzenschalter, die an die Motoren oder an die Maschinen selbst angebaut sind.

Besonders sei auf die Antriebe der beiden Vertikalöffner mittels aufgebauter Motoren hingewiesen (Bild 6). Die Antriebe zeichnen sich hauptsächlich durch ruhigen Lauf der Maschinen aus und außerdem durch große Schonung der bei Riemen- oder Seilantrieb starkem Verschleiß ausgesetzten unteren Spurlager der Schläger. Reparaturen werden dadurch auf ein Mindestmaß herabgesetzt. Hier kommt die große Anpassungsfähigkeit des Einzelantriebes voll zum Ausdruck.

Das Fasermaterial, das nochmals gründlich im Krempelwolf gemischt wurde, gelangt dann auf pneumatischem Wege zu den Kastenspeisern der Krempel. Die Krempelsätze (Bild 7 u. 8), welche die wichtige Arbeit der Vergleichmäßigung, Dopplung und der Herstellung des Vorgarnes zu leisten haben, setzen sich aus zwei oder drei Maschinen, und zwar Reißkrempel, Pelz- oder Mittelkrempel und Vorspinnkrempel mit Nitschelwerk, zusammen. Bei den Zweikrempelsätzen für gröbere Garne fehlt die Mittelkrempel.

Das Fasergut läuft durch die Krempel hindurch. Die Übertragung von einer Krempel zur anderen erfolgt vielfach selbsttätig durch Lattentücher, die gleichzeitig die Aufgabe der Dopplung übernehmen. Diese selbsttätig arbeitenden Krempeln brauchen unbedingt konstante Drehzahl, d. h. es darf keine Relativverschiebung der Drehzahl der einzelnen Maschinen gegeneinander eintreten. Anderenfalls werden die Vorgarnfäden ungleichmäßig stark, da für jeden Faden nur ganz geringe Fasermengen auf den Florteilerriemchen dem Nitschelwerk zwecks Vorgarnbildung zugeführt werden. Die zu einem Satz vereinigten Maschinen müssen außerdem gleichmäßig und gleichzeitig an- und auslaufen, um zu verhüten, daß das Faserband auf dem Wege

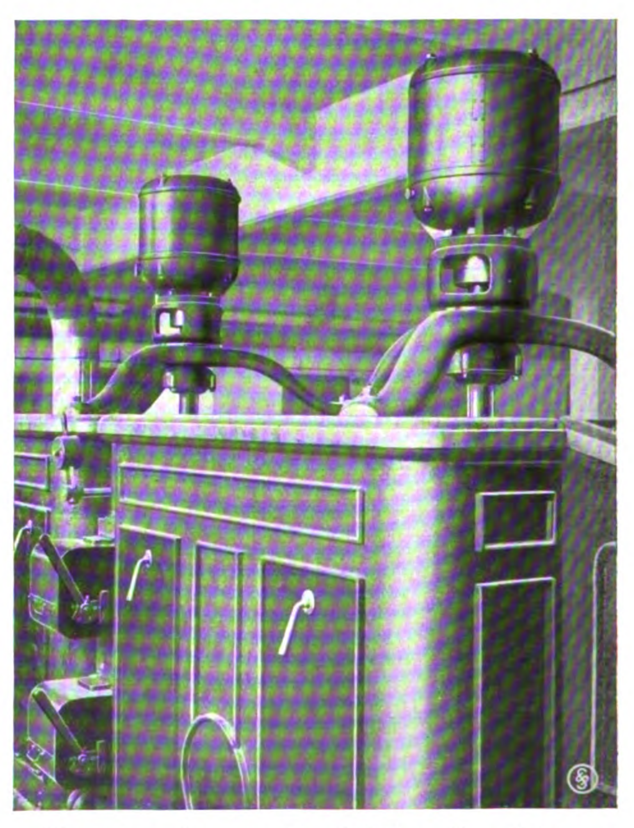


Bild 6. Antrieb zweier Vertikalöffner (Ausschnitt aus Bild 5).

von einer Krempel zur anderen abreißt. In Bild 7 sind die Lattentücher für die Fasergutübertragung deutlich erkennbar.

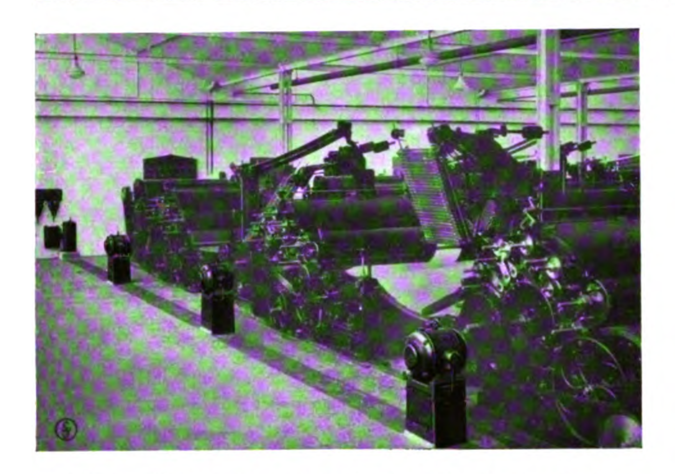


Bild 7. Mehrmotorenantrieb eines Dreikrempelsatzes.

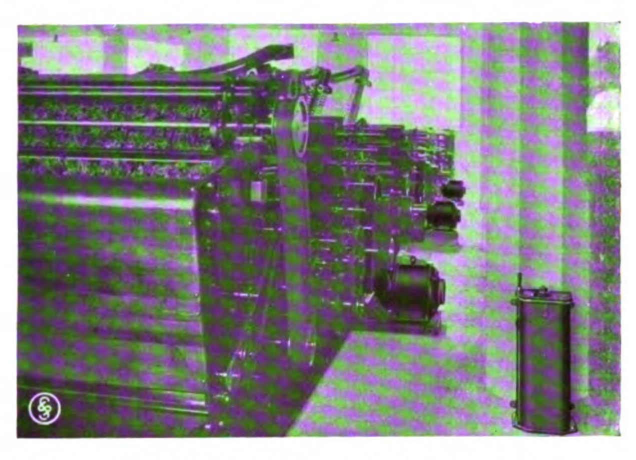


Bild 8. Dreikrempelsatz mit Kettenantrieben.

Die Anordnung der Antriebe ist entweder derart, daß jeder Motor auf einem erhöhten gußeisernen Sockel sitzt und mittels Zahnrädern auf die Trommelwelle treibt (Bild 7), oder aber die Motoren stehen (wie in Bild 8) auf Grundplatten und treiben mittels Zahnketten auf die Trommelwellen. Diese Kettenantriebe zeichnen sich durch besonders ruhigen Lauf aus, so daß die Krempeln, um festzustellen, ob die Beschläge richtig eingestellt sind, gut abgehört werden können. Ferner wird an Platz gespart. Das Anlassen und Stillsetzen des Krempelsatzes erfolgt durch die gemeinsame Anlaßwalze mit Umkehrschalter. Die Bedienung geschieht je nach dem Erfordernis der betreffenden Spinnerei entweder durch die den Kastenspeiser oder aber den Florteiler bedienende Person in bequemster Weise, ist daher einfacher als beim Transmissionsantrieb, wo stets mehrere Personen zwecks gleichmäßiger Inbetriebsetzung verfügbar sein müssen. Zum Umkehren der Drehrichtung zwecks Schleifens der Beschläge ist lediglich der in der Anlaßwalze eingebaute Umkehrschalter zu betätigen. Jeder Motor kann für sich vorwärts und rückwärts laufen. Die zum An- und Abschalten erforderlichen Walzenschalter sind in den Motorsockeln eingebaut (Bild 7) oder aber an die Motoren angebaut (Bild 8). Der gleichmäßige und gleichzeitige Anlauf sämtlicher Maschinen eines Krempelsatzes wird durch die besondere elektrische Schaltung, wie sie aus Bild 9 ersichtlich ist, erreicht, und zwar dadurch, daß die Läufer der Motoren durch die gemeinsame Anlaßwalze miteinander elektrisch verbunden sind. Obwohl der Kraftbedarf der einzelnen Maschinen voneinander abweicht und insbesondere die Vorspinnkrempel mit dem Nitschelwerk eine weit höhere Antriebsleistung als Reiß- und Mittelkrempel erfordert, ist mit Hilfe dieser Schaltung, da sich die Motoren beim Anlauf gegenseitig durch Ausgleichströme unterstützen, der gleichzeitige und gleichmäßige Anlauf gewährleistet. Ebenso verhalten sich die Motoren beim Auslauf, so daß die Maschinen gleichzeitig zum Stillstand kommen.

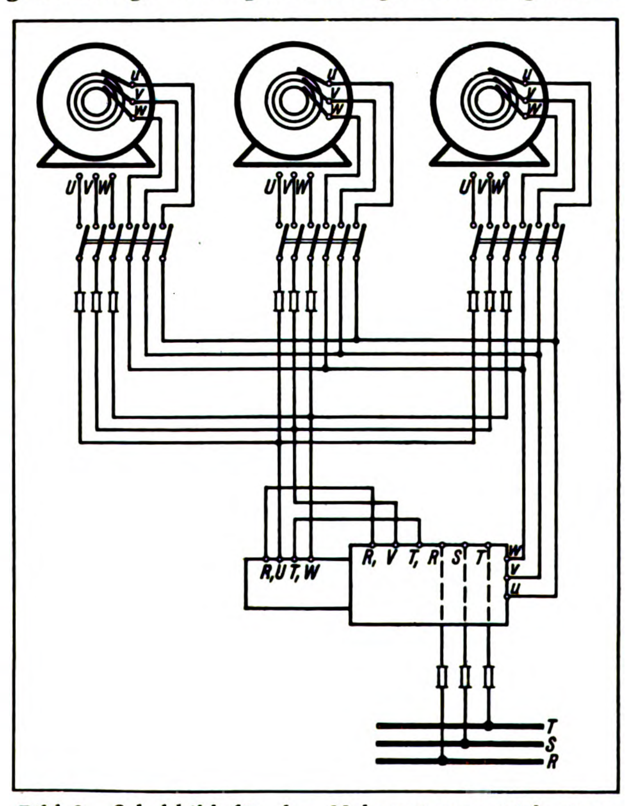


Bild 9. Schaltbild für den Mehrmotorenantrieb eines Dreikrempelsatzes mit gemeinsamer Anlaßwalze.

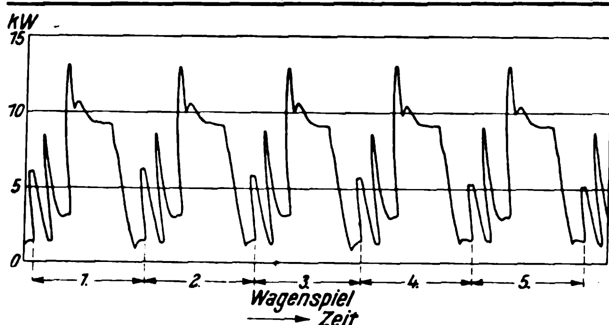


Bild 10. Arbeitsdiagramm eines Streichgarnselfaktor-Motors.

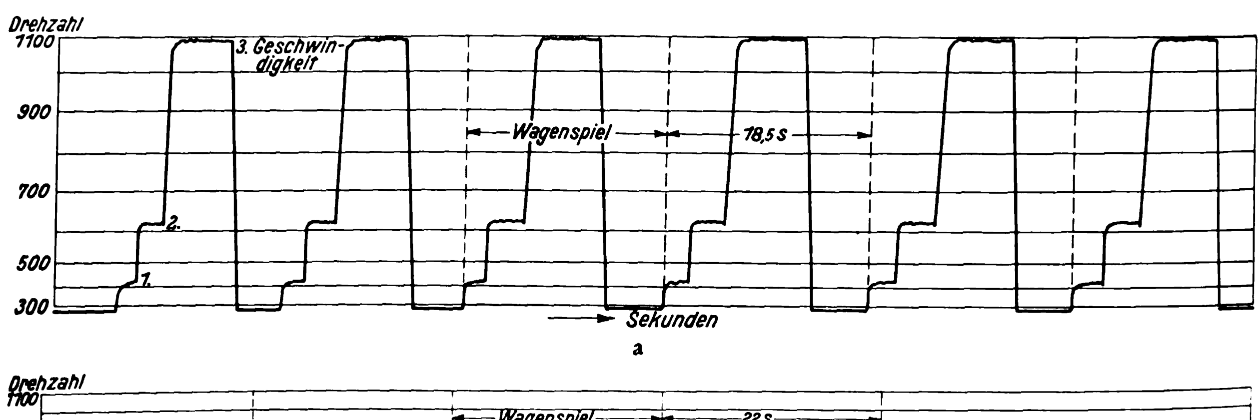
Es sei noch erwähnt, daß auf sanften, stoßfreien Anlauf der Maschinen Rücksicht genommen ist, und die Motoren zum Schutz gegen Faserstaub ganz geschlossen sind, so daß Kühlluftkanäle nicht benötigt werden.

Es ist jedem Fachmann sofort verständlich, daß beim Transmissionsantrieb die vorgenannten Bedingungen auf so einfache Weise nicht erfüllt werden können.

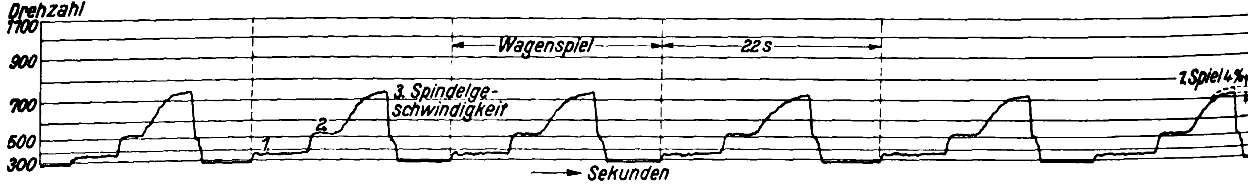
Das vom Nitschelwerk der Krempel gelieferte Vorgarn wird von den Selfaktoren zum Streichgarn versponnen. Die auf den Selfaktoren liegenden Vorgarnspulen sind in Bild 12 und 13 deutlich zu sehen.

Aus dem Arbeitsdiagramm eines Selfaktormotors (Bild 10) ergibt sich ohne weiteres, daß der Selfaktor durch die Belastungsänderungen ganz besondere Bedingungen an seinen Antriebsmotor stellt. Außer diesen, bei jedem Spiel ziemlich gleichmäßig auftretenden Belastungsschwankungen, muß aber auch auf den unterschiedlichen Kraftbedarf in der warmen und kalten Jahreszeit, ferner bei verschiedenen Ölen, bei alten und neuen Spindelschnüren, Rücksicht genommen werden, wenn der Antrieb allen Ansprüchen genügen soll. Der Kraftbedarf kann auch wesentlich beeinflußt werden durch die Riemen- und Seilvorspannung und kann ganz wesentlich anwachsen, wenn z. B. die Seile übermäßig angespannt werden.

Um den Unterschied zwischen Einzelantrieb und Gruppenantrieb veranschaulichen zu können, wurden die im Bild 11 a und b wiedergegebenen Drehzahlschaubilder mittels eines Tachographen aufgenommen. Die Messungen wurden an Selfaktoren der Sächsischen Maschinenfabrik vorm. Rich. Hartmann vorgenommen und zeigen den charakteristischen Drehzahlverlauf der Hauptwelle (Headstockwelle) während einiger Spiele. Ein Vergleich der beiden Bilder zeigt, daß beim Einzelantrieb die 3 Geschwindigkeitsstufen (1., 2. und 3. Spindelgeschwindigkeit) scharf ausgeprägt sind. Ferner ist auch ersichtlich, daß die einzelnen Spiele absolut gleichmäßig verlaufen. Das Wesentlichste aber ist, daß beim Einzelantrieb die Dauer eines Selfaktorspieles erheblich kürzer ist, als die beim Selfaktor mit Transmissionsantrieb. Während beim Einzelantrieb das Spiel nur etwa 18,5 Sekunden dauert, beträgt die Spieldauer beim Transmissionsantrieb etwa 22 Sekunden, das sind rund 18 % mehr. Dabei wurde auf beiden Selfaktoren die gleiche Garnnummer versponnen.



a



b

Bild 11. Hauptwellendrehzahl eines Streichgarnselfaktors. a = Elektrischer Einzelantrieb, b = Transmissionsantrieb.

Ferner fällt auch auf, daß bei der dritten Geschwindigkeitsstufe (Bild 11b) die Drehzahl nur ganz allmählich ansteigt. Diese Unterschiede sind in erster Linie darauf zurückzuführen, daß beim Einzelantrieb viel weniger Riemen Verwendung finden als beim Transmissionsantrieb. Damit wird ein großer Teil des Riemenschlupfes ausgeschaltet und eine bessere Überwachung der Produktion ermöglicht. Je mehr Riemen verwendet werden, desto größer ist die Möglichkeit, daß unzulässiger Schlupf auftritt. Am günstigsten wäre also derjenige Selfaktorantrieb, der jeglichen Schlupf vermeidet. Da das Bild 11b nur wenige Selfaktorspiele zeigt, kommen die Drehzahlunterschiede, die durch die gegenseitige Beeinflussung der Selfaktoren bei Transmissionsantrieb auftreten, nicht zum Ausdruck. Das erste und letzte Spiel zeigt trotzdem einen Drehzahlunterschied von etwa 4%. Zusammenfassend ergibt sich aber, daß der Einzelantrieb eine Steigerung der Produktion ermöglicht, und die Erfahrungen in der Praxis zeigen, daß im Mittel etwa 6—15% mehr erzeugt werden können.

Die Motoren sind entweder an der Decke montiert (Bild 12) oder aber, wie in Bild 13 wiedergegeben, auf dem erhöhten Vordergestell aufgebaut, wodurch man eine vollständige Entlastung der Dachkonstruktion erreichen kann. Diese Anordnung zeichnet sich auch durch bequeme Montage aus.

Die Motoren haben Kurzschlußläufer, sind also einfach in ihrem Aufbau und in ihrer Bedienung. Sie können mit Rücksicht auf die erhöhte Aufstellung in offener Ausführung Verwendung finden, da die Staubablagerung unwesentlich bzw. unbedenklich ist. Die Schalter zur Bedienung der Motoren sind auf dem Vorderbock aufgebaut, befinden sich also in handlicher Nähe neben den sonstigen Steuerorganen des Selfaktors.

Die durch den Einzelantrieb erzielbare Mehrproduktion beträgt, wie bereits erwähnt, im Mittel 6 bis 15 % und ergibt sich dadurch, daß man infolge des ruhigen Laufes der Maschine die Geschwindigkeit um den entsprechenden Betrag steigern kann.

Neben dem Selfaktor finden wir den Streichgarn-Ringspinner, der zwar eine höhere Leistungsfähigkeit hat, aber den Selfaktor doch nicht verdrängen kann, da dieser ein qualitativ besseres

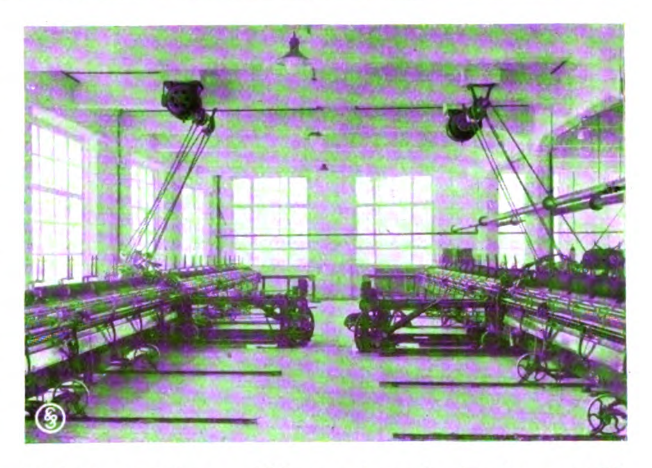


Bild 12. Streichgarnselfaktoren-Antriebe (Deckenantrieb).

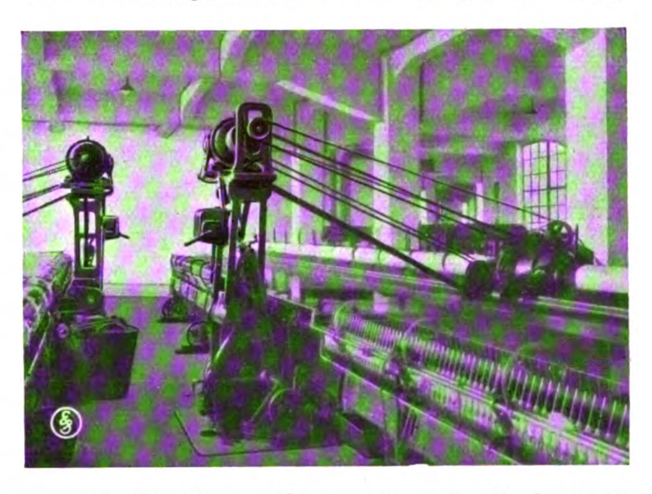


Bild 13. Streichgarnselfaktoren-Antriebe (Bockantrieb).

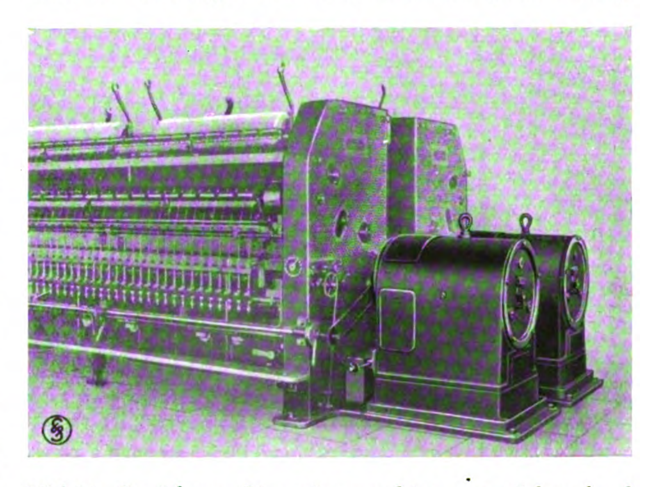


Bild 14. Streichgarn-Ringspinnmaschine, angetrieben durch zwei regelbare Drehstrom-Spinnmotoren.

Garn liefert. Da das schwache Vorgarn möglichst wenig und gleichmäßig beansprucht werden soll, muß die Spindelgeschwindigkeit in Abhängigkeit vom Windungsdurchmesser der Spule zwangläufig gesteuert werden. Man verwendet

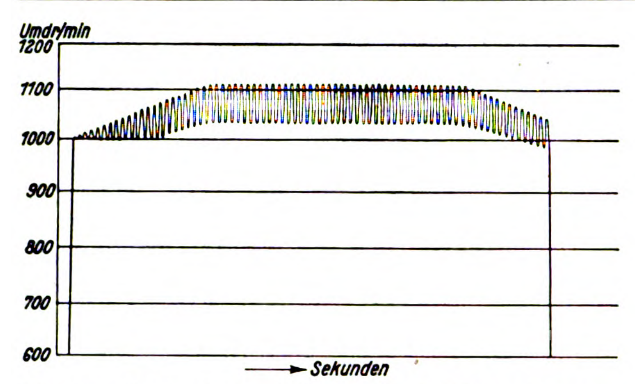


Bild 15. Drehzahlschaubild eines selbsttätig gesteuerten Spinnmotors.

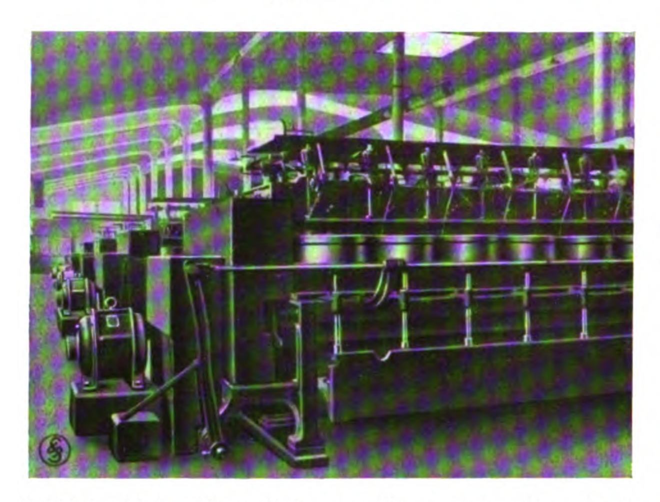


Bild 16. Schlauchkops-Spinnmaschinen, angetrieben durch Kurzschlußläufermotoren.

neben der mechanischen Geschwindigkeitsänderung den regelbaren Spinnmotor, dessen Drehzahl mit Hilfe eines selbsttätigen Drehzahlreglers (Spinnregler) in Abhängigkeit von der Ringbankbewegung und der Spulenfülle geregelt wird. Bild 14 zeigt die Antriebe einer doppelseitigen Ringspinnmaschine. — Der Motor wird lediglich durch Bürstenverschiebung gesteuert, also ohne Widerstände, so daß die Drehzahländerung praktisch verlustlos vor sich geht. Bild 15 zeigt das Drehzahl-Schaubild des selbsttätig gesteuerten Spinnmotors. Aus der Kurve ist der Drehzahlanstieg beim Anspinnen ersichtlich und ebenso die Drehzahl-Verminderung beim Abspinnen, die man zweckmäßigerweise mit Rücksicht auf die zurückgehende Ballonreserve anwendet. Dieser Antrieb hat den Vorteil, daß man ohne weiteres jede Geschwindigkeit einstellen kann in Abhängigkeit von der Garnnummer, Luftfeuchtigkeit und dem zur Verarbeitung gelangenden Material. Die erzielbare Mehrproduktion beträgt durchschnittlich 10 bis 15%.

Für die Herstellung grober Schußgarne finden häufig die Schlauchkops-Spinnmaschinen, wie sie Bild 16 zeigt, Anwendung. An den Antrieb wird die Bedingung möglichst stoßfreien Anlaufs gestellt, um Fadenbrüche zu vermeiden. Soweit die Spindeln bei Fadenbruch nicht einzeln abgestellt werden können, muß jedesmal die gesamte Maschine stillgesetzt werden. Da Fadenbrüche bei dem sehr losen Vorgarnfaden oft auftreten, wird der Motor durch das häufige Einschalten stark beansprucht. Bei Bestimmung der Antriebe muß darauf Rücksicht genommen werden. Man verwendet allgemein Kurzschlußläufer-Motoren in ganz geschlossener Ausführung. Die üblichen Walzenschalter werden mittels eines längs der Maschine laufenden Gestänges gesteuert.

Auch die sonst noch erforderlichen Hilfsmaschinen, wie Schleifböcke für die Arbeiter- und Wenderwalzen der Krempeln erhalten zweckmäßig Einzelantrieb; denn sie stehen meistens abseits, haben einen geringen Kraftbedarf und arbeiten nur zeitweise.

Die SSW haben die beschriebenen Sonderantriebe in enger Fühlungnahme mit den Spinnereien und Maschinenfabriken durchgebildet, so daß allen Bedürfnissen voll Rechnung getragen ist. Viele Anlagen im In- und Ausland mit mehreren hundert Antrieben haben seit Jahren ihre Zweckmäßigkeit bewiesen.

Der Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotor

Von Dr.-Ing. Wilhelm Stiel, Oberingenieur in der Abteilung Industrie.

Der regelbare Wechselstrom-Kollektormotor hat sich als Antriebsmotor zum Betrieb von Spinnmaschinen aller Art bestens bewährt und nach dem Kriege bei der Erweiterung und Neuerrichtung von Spinnereien ein weites Anwendungsfeld erobert. In den meisten Fällen wurde er dabei in der Ausführungsform als Drehstrom-Reihenschlußmotor, seltener auch als Einphasen-Repulsionsmotor, angewendet. Beide Motorarten gestatten eine

verlustlose Regelung der Drehzahl in weiten Grenzen, die durch Bürstenverschiebung in einfachster Weise bewirkt wird, ohne daß zusätzliche Apparate, wie Anlasser oder Regelwiderstände, erforderlich sind. Hierdurch sind diese Wechselstrommotoren den Gleichstrommotoren überlegen, da letztere stets Anlaß- und Regelwiderstände nebst den zugehörigen Stufenschaltern erforderlich machen, deren Unterbringung an der Spinnmaschine bei gleichzeitiger Wahrung guter Zugänglichkeit unbequem ist. Meist wird der Drehstrom-Reihenschlußmotor als Spinnmotor in Verbindung mit selbsttätiger Drehzahlregelung betrieben, indem mittels des bekannten „Spinnreglers" die Bürstenbrücke des Motors während des Spinnvorgangs selbsttätig so verstellt wird, daß der Fadenzug dauernd konstant bleibt und die Spinngeschwindigkeit in jedem Augenblick auf ihrem zulässigen Höchstwert gehalten wird. Auf diese Weise gelingt es, mittels des Drehstrom-Spinnmotors in Verbindung mit Spinnregler die Produktion der Spinnmaschine gegenüber primitiveren Antriebsformen wesentlich zu steigern und dadurch die Wirtschaftlichkeit der Spinnerei nennenswert zu erhöhen.

Trotz dieser großen Erfolge haftet jedoch den bisher angewandten regelbaren Wechselstrom- und Drehstrom-Spinnmotoren noch ein Nachteil an, der in dem Reihenschlußverhalten dieser Motoren begründet und daher ohne Abgehen von dem Prinzip des Reihenschlußmotors unvermeidlich ist. Es ist dies die Eigenschaft dieser Motoren, daß ihre Drehzahl nicht unabhängig von ihrer Belastung ist, sondern mit steigender Belastung fällt und mit sinkender Belastung steigt, und daß ferner auch Änderungen der zugeführten Netzspannung ebenfalls Änderungen der Motordrehzahl zur Folge haben. Es ist selbstverständlich möglich (und in der bisherigen Praxis auch vielfach ausgeführt worden), die Spannungsschwankungen des Netzes durch selbsttätige Regelvorrichtungen auszugleichen und auch den Änderungen des Drehmomentes der angetriebenen Spinnmaschinen durch entsprechende Maßnahmen zu begegnen. Der stärkste Vorwurf, der den Drehstrom-Reihenschlußmotoren in dieser Hinsicht bisher gemacht wurde, besteht darin, daß diese Motoren bei Beginn des Tagesbetriebes, insbesondere aber am Montagmorgen oder nach sonstigen längeren Stillständen langsamer laufen, weil die Arbeitsmaschinen noch kalt sind und infolgedessen schwerer gehen, und daß infolgedessen ein entsprechender Produktionsausfall in diesen Zeiten infolge des langsameren Laufes der Maschinen eintritt. Es ist zwar ohne weiteres möglich, diesen Drehzahlabfall durch Verstellung der Kollektorbürsten auszugleichen, und es sind auch mit Erfolg selbsttätig wirkende Vorrichtungen ausgeführt worden, die den gleichen Zweck durch entsprechende Einstellung der Netzspannung selbsttätig erreichten. Immerhin liegt in dieser Drehzahlnachgiebigkeit des Drehstrommotors eine gewisse Schwäche, die u. a. auch dazu zwingt, die Motorgröße möglichst genau dem wirklichen Energiebedarf der anzutreibenden Spinnmaschine anzupassen, da die Drehzahlnachgiebigkeit um so größer ist, je schwächer der Motor belastet ist. Es ist infolgedessen auch nicht möglich, einen Drehstrom-Reihenschluß-Spinnmotor ähnlich wie andere Motoren zum Zweck der geringeren Materialanstrengung in seiner Leistung „reichlich zu wählen", weil er dadurch in seinen Drehzahleigenschaften ungünstig beeinflußt und der angestrebte Vorteil nicht erreicht wird.

Die Erkenntnis dieser dem bisher allgemein verwendeten Drehstrom-Reihenschluß-Spinnmotor noch anhaftenden Mängel gab den Siemens-Schuckertwerken Veranlassung, einen neuen regelbaren Drehstrom-Kollektor-Spinnmotor durchzubilden, der als Drehstrom-Nebenschlußmotor von den Unvollkommenheiten des Reihenschlußmotors völlig frei ist, dabei aber sämtliche guten Eigenschaften des bisherigen Spinnmotors, insbesondere Anlassen und Regelung nur durch Bürstenverschiebung, beibehält. Dabei tritt insofern noch eine Vereinfachung gegenüber dem Drehstrom-Reihenschlußmotor ein, als der bei diesem erforderliche, zwischen Ständer- und Läuferwicklung geschaltete Zwischentransformator wegfällt, so daß der neue Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotor in der Tat keinerlei Nebenapparate irgendwelcher Art mehr erfordert.

Bild 1 zeigt den neuen Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotor. Seine äußere Form ist, wie ersichtlich, der Form des bisherigen Spinnmotors geschlossener Bauart fast genau gleich. Kennzeichnend ist auch hier, ebenso wie bei dem Reihenschluß-Spinnmotor, daß das Motorgehäuse im Äußeren völlig glatt und ohne einspringende Kanten irgendwelcher Art ausgebildet ist, um

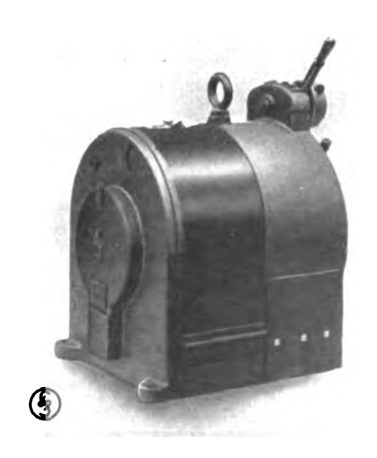


Bild 1. Ansicht des Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotors.

dadurch dem Faserstaub keine Gelegenheit zu geben, sich anzusetzen. Auch der Bürstenverstellhebel ist der bisherigen Bauart angepaßt, und ebenso ist der ganze Bürstenapparat wie bei den bisherigen Motoren durch aufklappbare, mit Kniehebelverschluß versehene Glanzblechdeckel leicht zugänglich gemacht. Die der Zuführung des Primärstromes dienenden Schleifringe sitzen, von dem Innern des Motors vollständig abgeschlossen, in einem besonderen Raum an der Stirnseite des Motors. Dadurch ist erreicht, daß die Netzspannung vom Kollektor- und Bürstenraum völlig getrennt ist, so daß die Bürsten, ebenso wie beim Reihenschlußmotor, ohne Gefahr während des Betriebes bedient werden können. Der Schleifringraum an der Motorstirnseite ist durch einen kreisförmigen Klappdeckel verschlossen und dadurch ebenfalls während des Betriebes leicht zugänglich.

Bild 2. Schaltung des Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotors.
a = Regelwicklung mit Kollektor (im Läufer),
b = Bürsten,
c = Ständerwicklung, Sekundärwicklung,
d = Primärwicklung im Läufer.

Die Wärmeabfuhr aus dem Motor geschieht durch Kühlluft, die vermittels eines im Motor untergebrachten Ventilators aus dem unterhalb liegenden Zuluftkanal angesaugt und durch den Motor hindurch in einen ebenfalls im Fußboden liegenden Abluftkanal fortgedrückt wird. Infolgedessen wird die Motorwärme aus dem Spinnsaal entfernt, wodurch dort in den Sommermonaten erträglichere Wärmeverhältnisse geschaffen werden. Im Winter kann die erwärmte Abluft dagegen in den Spinnsaal gelassen und dadurch zur Heizung nutzbar gemacht werden.

Bild 2 zeigt die grundsätzliche Schaltung des neuen Spinnmotors. Wie ersichtlich, handelt es sich dabei um den bekannten, den Siemens-Schuckertwerken durch Patent geschützten Nebenschlußmotor mit Läuferspeisung, der zuerst im Jahre 1910 von Rüdenberg angegeben und in der Zwischenzeit von den Siemens-Schuckertwerken auch für regelbare Antriebe anderer Art erfolgreich angewendet wurde.

Auf die theoretischen Grundlagen und die Arbeitsweise dieses Motors, die aus der Literatur genügend bekannt sind[1]), braucht an dieser Stelle nicht näher eingegangen zu werden. Es möge genügen, daran zu erinnern, daß der Motor in seinem Wesen ein Asynchronmotor ist, der sich vom Asynchronmotor gewöhnlicher Bauart nur dadurch unterscheidet, daß hier das Netz nicht den Ständer, sondern über Schleifringe den Läufer speist, und daß der (hier also im Ständer liegende) Sekundärteil nicht kurzgeschlossen ist, sondern mit den Enden seiner Wicklungen an die Bürsten je eines Kollektor-Bürstensatzes geführt ist. Der Kollektor liegt an einer besonderen Regelwicklung, und es kann dadurch je nach der Bürstenstellung der Ständer-Sekundärwicklung eine Zusatz-Spannung zugeführt werden, die durch Bürstenverschiebung zwischen Null und einem positiven oder negativen Höchstwerte stetig geregelt werden kann. Dem Nullwert dieser Bürstenspannung (wobei die Bürsten auf dem Kollektor einander genau gegenüberstehen und dadurch über die gemeinsam berührte Kollektorlamelle hinweg die Ständerwicklung kurzschließen) entspricht der Betrieb als Asynchronmotor mit Kurzschlußläufer; jeder anderen zugeführten Bürstenspannung entspricht eine bestimmte, je nach Größe und Richtung der Bürstenspannung mehr oder weniger unter oder über der Drehzahl des Asynchronmotors liegende Regeldrehzahl.

Grundsätzlich ist also der Nebenschluß-Spinnmotor in seinem Wesen ein Asynchronmotor,

[1]) Vgl. z. B.: Schenkel, M.: Die Kommutatormaschinen für einphasigen und mehrphasigen Wechselstrom. Verlag W. de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1924.

und demgemäß entsprechen auch seine Drehzahleigenschaften denen des Asynchronmotors: In der Bürstenkurzschlußstellung sind sie genau denen des Asynchronmotors gleich, in den anderen Bürstenstellungen lediglich in geringem Maße beeinflußt durch die Spannungsabfälle in der die Zusatzspannung liefernden Hilfswicklung. Demgemäß arbeitet der Motor in allen Betriebsverhältnissen mit konstanter Feldstärke und zeigt reines Nebenschlußverhalten, d. h. die Drehzahl ist in der Hauptsache nur abhängig von der Frequenz des zugeführten Netzstromes. Sie zeigt zwischen Leerlauf und Belastung einen nur unwesentlichen Abfall, bleibt also praktisch konstant. Ebenso haben auch Änderungen der zugeführten Spannung einen nur unwesentlichen Einfluß auf die Drehzahlkonstanz. Die Schaubilder 3 und 4 zeigen diese Verhältnisse an Hand von Kurven, die an einem Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotor für eine Leistung von 5 kW bei n = 1000 aufgenommen wurden. Aus Bild 3 (Drehzahlcharakteristik) ist das reine Nebenschlußverhalten des Motors erkennbar: Drehzahlabfall zwischen Leerlauf und Vollast bei Normaldrehzahl (n = 1000) etwa 6%, bei den höheren Drehzahlen etwas weniger, bei den niederen Drehzahlen etwas mehr, entsprechend dem annähernd parallelen Verlauf der Drehzahlkurven bei den verschiedenen Bürsteneinstellungen. Die Kurven im Bild 4 lassen erkennen, daß in der Tat auch der Einfluß der Änderungen der Netzspannung auf die Drehzahl des Motors nur gering ist, und zwar ist die Drehzahländerung hierbei ebenfalls bei den geringeren Drehzahlen etwas stärker als bei den hohen Geschwindigkeiten. Wie ersichtlich, bewirkt eine Änderung der Netzspannung um 5% eine Änderung der Drehzahl um etwa 1%, so daß in der Tat praktisch vollständige Unabhängigkeit der Drehzahl von der Netzspannung besteht.

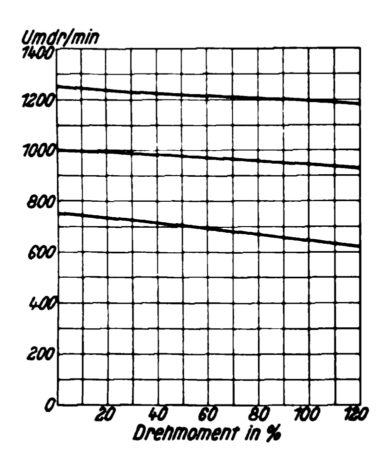


Bild 3. Drehzahl, abhängig von der Belastung, bei konstanter Netzspannung.

Was Leistungsfaktor und Wirkungsgrad des neuen Spinnmotors anlangt, so entspricht der Leistungsfaktor den von Asynchronmotoren her bekannten Werten, während der Wirkungsgrad bei einer Motorgröße von etwa 5 kW bei n = 1000 bei Volllast etwa 83–84% beträgt. Der Wirkungsgrad unterscheidet sich also nicht von dem Wirkungsgrade eines guten Drehstrom-Reihenschlußmotors und liegt eher noch etwas höher als bei diesem, wenn der Drehzahlbereich nicht allzu weit gefaßt wird.

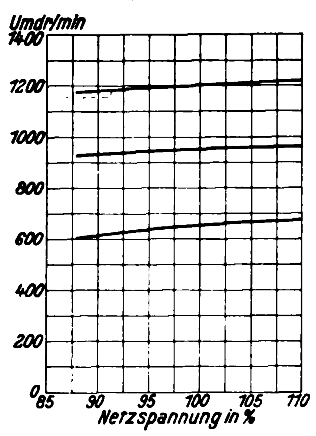


Bild 4. Drehzahl, abhängig von der Netzspannung, bei konstanter Belastung.

Das Hauptanwendungsgebiet des neuen Spinnmotors wird hauptsächlich da liegen, wo unter veränderlichen Drehmomentverhältnissen weite Regelbereiche beherrscht werden sollen. Solche Verhältnisse liegen namentlich beim Antrieb von

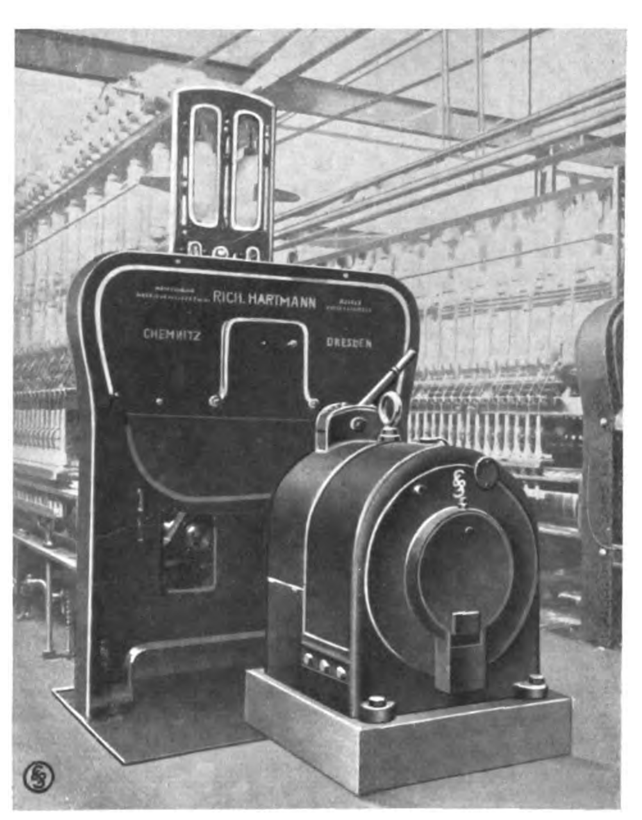


Bild 5. Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotor, angebaut an eine Baumwollringspinnmaschine.

Kammgarn-Ringspinnmaschinen wie auch bei Flügelspinnmaschinen für Wolle vor; bei diesen Maschinen werden Betriebsregelbereiche bis 1 : 4 verlangt, die angesichts der variablen Drehmomentverhältnisse mit Serienmotoren bisher nur unvollkommen beherrscht werden konnten. Hier bringt der neue Drehstrom-Nebenschluß-motor die ideale Lösung der Antriebsfrage. Aber auch bei Zwirn- und Spinnmaschinen für Baumwolle und andere Spinnstoffe ist die Überlegenheit des neuen Motors gegenüber dem Reihenschlußmotor unverkennbar, namentlich in allen Fällen, in denen mit Spannungsschwankungen im Netz gerechnet werden muß, wie dies besonders bei allen den Fabriken der Fall ist, die ihren Strom nicht selbst erzeugen, sondern ihn aus Überlandwerken beziehen. Es ist bekannt, daß die Spannungskonstanz vieler Stromversorgungsnetze recht im Argen liegt und daß diese schwankende Spannung bisher in vielen Textilfabriken zu unerwünschten Betriebsschwierigkeiten geführt hat. Der neue Drehstrom-Nebenschluß-Spinnmotor beseitigt diese Schwierigkeiten und ermöglicht es, auch in solchen Anlagen völlig einwandfreie und von der Spannung praktisch unbeeinflußte Spinndiagramme zu erzielen.

Die beim Reihenschlußmotor so unerwünschten Drehzahlerniedrigungen beim täglichen Betriebsbeginn und insbesondere am Montagmorgen sind natürlich beim Nebenschlußmotor ebenfalls vollständig beseitigt.

Die bisherigen Erfahrungen mit diesem Motor im praktischen Betriebe (vgl. Bild 5) haben gezeigt, daß der Motor auch in der Praxis alle die guten Eigenschaften zeigt, die nach seiner Bauart von ihm zu erwarten waren: vorzügliche Drehzahlkonstanz, Unabhängigkeit von Last- und Spannungsschwankungen, guter Wirkungsgrad, höchstmögliche Produktionssteigerung. In seiner von den Siemens-Schuckertwerken auch den äußeren Anforderungen des Spinnmaschinenbetriebes aufs beste angepaßten eleganten Sonderbauart muß daher der neue Drehstrom-Nebenschluß-Kollektormotor in der Tat als der ideale Spinnmotor bezeichnet werden.

Der elektrische Spinnflügeltrieb

Die Geschichte seiner Entwicklung zum Großbetrieb

Von Dr.-Ing. H. Schneider, Lenzburg-Aargau.

Nachdem im Juli dieses Jahres zum zehnten Male der Tag sich jährte, an dem die erste normallange Spinnmaschine mit elektrischen Flügeln bei den Gruschwitz-Textilwerken in Neusalz a. d. Oder in Betrieb genommen wurde, ist es berechtigt, einen Rückblick zu halten auf die Vorgeschichte, ferner die erzielten Ergebnisse zu prüfen und daraus die Aussichten für die Zukunft abzuleiten.

Von den 5 großen Spinnmaschinen-Gattungen: Wagenspinner, Ringspinner, Glockenspinner, Flügelspinner und Topfspinner sind bei den ersten drei die Spinnelemente für die Elektrifizierung durch unmittelbaren Elektromotorantrieb allzu klein. Selbst nach dem heutigen Stande des Kleinstmotorenbaues würden für die winzigen Bruchteile eines einzigen cmkg-Drehmoment so kleine Motorchen ein Vielfaches der betreffenden mechanischen Spindel kosten.

Heute lohnt ein Motor je Spinnelement nur bei den Topfspinnern der Kunstseide-Industrie und in der mittleren, schweren und schwersten Flügelspinnerei, und so ist es nur in diesen Sonderfällen der Spinnerei möglich, die neben der Regelbarkeit wertvollste Eigenschaft des Elektromotors, nämlich sein durchaus gleichmäßiges Drehmoment, durch unmittelbaren Antrieb des Spinnelementes selbst restlos auszunutzen.

Die Flügelspindel der industriellen Spinnerei ist eine lange, senkrechte Stahlspindel, durch Fuß- und Halslager geführt, wovon eines, wie bei Rabbeth, Bergmann, Seydel usw. elastisch angeordnet sein kann. Zwischen diesen oder im Mittelpunkt des einen oder anderen erfolgt der Antrieb durch Schnur oder Band von einer Trommel aus. Fern von der nächsten Lagerstelle ist oben am Kopf der Spindel der zweischenklige Flügel lose aufgeschraubt oder mit Konus aufgesetzt; lose notwendigerweise deshalb, weil die zwischen Halslager und Flügel auf und ab geführten Spulen nach jeweiliger Füllung gewechselt werden müssen, was nur nach schnellem Abnehmen des Flügels möglich ist

Größere oder geringere Unbalance der Flügel sowie ihre nicht ganz feste Verbindung mit der Spindel geben sehr häufig Veranlassung zu unruhigem Gang.

Auch die Knoten oder Nähstellen von Schnur oder Band verursachen bei jedesmaligem Lauf über den Wirtel ungleichförmige Winkelgeschwindigkeit und bringen dadurch starke Schwankungen in den Spinnprozeß.

Daß diese Zuckungen nicht nur Veranlassung zu einer Anzahl Fadenbrüche geben, sondern sich auch auswirken in ganz ungleicher Verteilung der Drehung über die Länge des gesponnenen Fadens, war ein Schluß, den ich aus den Drehungsstudien meiner Dissertation zog. Ich meine damit eine ungleichmäßige Verteilung, welche die allgemein bekannte, aus der ungleichen Dicke des Garnes folgende, überlagert.

Daraus entsprang 1908 mein Entschluß, den Schnur- bzw. Bandtrieb durch einen Elektromotor je Spindel zu ersetzen. Daß ich damit gleichzeitig die 5—10% betragenden Drehungsunterschiede (Schlupfunterschiede) von Spindel zu Spindel beseitigte, die von schlappen Bändern bzw. Schnüren und von ungleicher Schmierung der Lager herrührten, war ein zweiter großer Erfolg. Beide aber machten die Kosten der Elektrifizierung nicht bezahlt, wenn nicht gleichzeitig eine ganz wesentliche Steigerung der Spindeldrehzahl möglich wurde.

Der lange Spindelhals und die Unbalance der Flügel ließen aber nur eine mäßige Steigerung trotz der Elektrifizierung zu.

Nun hatten diesen Fehler der industriellen Flügelspindel schon 1903—1905 führende Jutespinner wie Pferdekämper-Weida und Prause-Wien-Budapest dadurch zu überwinden gesucht, daß sie zum uralten Flügelantrieb des Handspinnrades zurückkehrten, wo der Flügel an einer kurzen Hohlwelle befestigt ist, die eine sehr solide kurze Lagerung für ihn und seinen Antriebswirtel erlaubt.

Nach fünfwöchigem Studium dieser Maschinen unter Prause in Budapest 1908 ging ich an die Elektrifizierung auch dieses hängenden Flügels, zumal dessen mechanischer Antrieb noch viel unbefriedigender war, als der der langen Spindel. War die richtig vermutete ganz bedeutende Steigerungsfähigkeit der Drehzahl dieses kurzgefaßten Flügels das eine wertvolle Moment dieser Konstruktion, so lag noch ein weiteres ungeheuer wertvolles Moment darin: — und sowohl Pferdekämper als auch Prause hatten es ausgenutzt — die Spule wird von dem Flügel unabhängig und kann mechanisch ausgewechselt werden.

Zwei kleine Studienmaschinen wurden zum Ausgangspunkt für die spätere Großkonstruktion.

Die erste, mit 2¾" Teilung war unter meinem Vater in der Ravensberger Spinnerei in Bielefeld auf meine Kosten gebaut worden und erlaubte bis Nr. 60 lea[1]) mit 6000—8000 Umdrehungen auf Spulen zu spinnen, die dreimal so viel Garn faßten wie die üblichen, so daß der angebrachte Spulenwechsel (damals noch eine Revolvereinrichtung) für die nur 2—3 Abzüge je Tag nebensächlich wurde.

Die erzielten Erfahrungen lehrten, daß die gröberen Teilungen das aussichtsvollere Gebiet seien, und so baute C. O. Liebscher in Chemnitz eine 8-spindlige Versuchsmaschine mit 3½" Teilung.

Für beide Maschinen stellte mir, dank des persönlichen Interesses des Herrn Professor Hartmann, die Hartmann & Braun A.-G. in Frankfurt a. M. die ersten Versuchs-Flügelmotoren her (Bild 1).

Eine Spindelkommission des Deutschen Flachsspinnerverbandes prüfte die Ergebnisse und befürwortete die Anregung des Generaldirektors Janson-Neusalz a.d.Oder: der Firma Seydel & Co. in Bielefeld drei Jahresraten von 10000 Mark zur Unterstützung zu geben für die Anstellung von Ingenieur Stutz-Benz zum Durchkonstruieren der ersten elektrischen Heißwasser-Spinnmaschine in voller

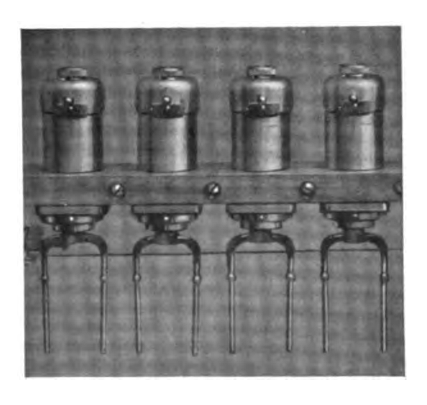


Bild 1. Flügelmotoren der ersten Versuchsausführung. Flügel kurz gelagert. Drehzahlsteigerung 50 bis 100%. Mechanischer Spulenwechsel möglich.

[1]) Die englische Bastfaser-Garnnummer gibt die Anzahl der Gebinde (lea) von je 300 yards an, die auf 1 Pfd. engl. entfallen; Umrechnung auf deutsche Nummern: 1 lea = 0,605 m/g.

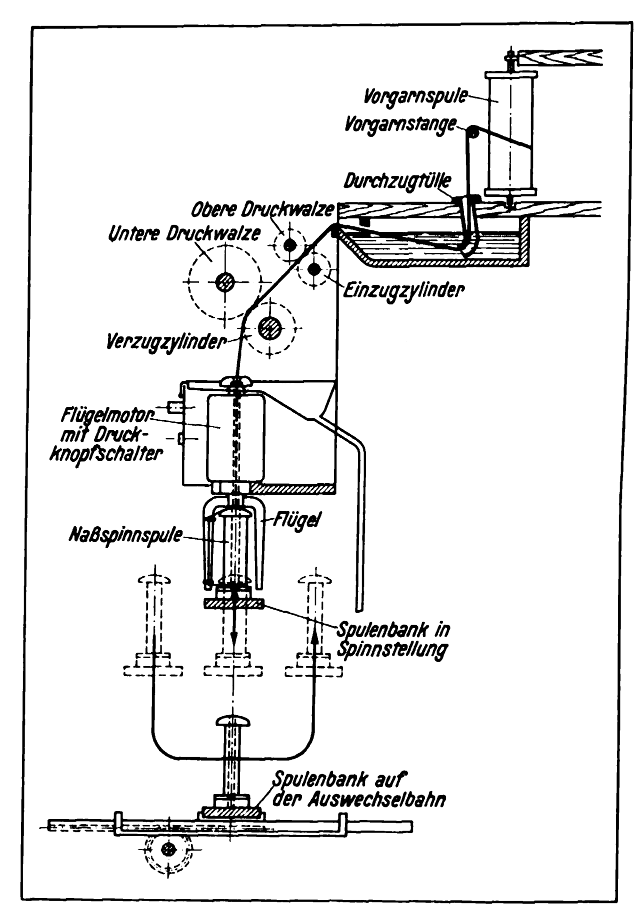


Bild 2. Schnitt durch eine Seite einer Schneiderspinnmaschine (Naßspinnmaschine) mit motorischem Flügeltrieb und mechanischem Spulenwechsel.

Länge, für Modellkosten und für die ersten Beobachtungen im praktischen Betriebe. Stutz-Benz begann diese Arbeiten Neujahr 1914 und schuf dann auch den ersten störungsfrei arbeitenden Spulenwechsel mit doppelten untereinander austauschbaren Spulenbänken, bei denen die Spulen immer in ihrer aufrechten Lage bleiben (Bild 2).

Verzögert durch den Kriegsausbruch kam diese erste normallange Spinnmaschine mit elektrischem Flügeltrieb im Juli 1915 in Neusalz a. d. Oder in Betrieb und hat nach Überwindung einiger Kinderkrankheiten gut gearbeitet; nach 9 Jahren wurde sie wegen Umstellung des Betriebes abgebrochen. Die elektrische Ausrüstung für diese Maschine und alle späteren wurde gemeinsam mit den Siemens-Schuckertwerken entworfen und auf Grund der gemachten Erfahrungen mehrfach vervollkommnet. Bisher sind rund 7000 Flügelmotoren in Betrieb und Herstellung. Die letzte Ausführung des Flügelmotors (5000 Stück) zeigt Bild 3, man erkennt hinten die Stromabnahmebügel statt loser Zuführungsdrähte und vorn den vollständig staub- und wasserdicht geschlossenen Druckknopf-Walzenschalter zum Stillsetzen und Wiederanspinnen bei Fadenbruch; unten an der Hohlwelle ist der Konus und das Gewinde zur Flügelbefestigung sichtbar.

Die Spindel-Kommission empfahl Ende 1915 den Bau von weiteren fünf Heißwasser-Spinnmaschinen; Materialmangel verzögerte die Ausführung bis ins allerletzte Kriegsjahr und verursachte damit eine so ungenaue Herstellung, daß diese Maschinen einen schweren Rückschlag bedeuteten und vorübergehend zur Verurteilung dieses Systems führten, so daß man lieber aufgab, als die Ungenauigkeiten zu beseitigen. Die Spulen standen vielfach so exzentrisch im Flügel, daß deren Schenkel daran streiften und ein Aufwickeln des gesponnenen Garnes unmöglich machten. Stutz-Benz konnte bei keiner Inbetriebsetzung mehr zugegen sein, da die Fonds zu Ende waren und er andere Betätigung hatte suchen müssen, ich selbst — während der ganzen Jahre in arbeits- und verantwortungsreichen Direktorstellungen der Flachs-, Hanf- und Juteindustrie — hatte mich nie hauptberuflich meinen Maschinen widmen können.

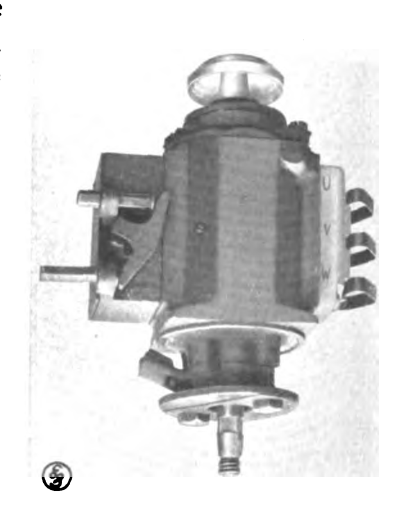


Bild 3. Flügelmotor, hinten mit Stromabnahmebügeln, vorn mit vollständig geschlossenem Druckknopf-Walzenschalter, unten Konus und Gewinde zur Flügelbefestigung.

Das klägliche Ende der guten Ideen schien gekommen. Jetzt entschloß ich mich, von nun an hauptberuflich für meine Spinnmaschine zu kämpfen. Max Bahr-Landsberg a. d. Warthe gab mich in großzügigem Verstehen sofort frei, um mir noch die Teilnahme an einer Schweizer Studienreise nach den Vereinigten Staaten zu ermöglichen, die ich durch Besuch der meisten dortigen Spinnereien der besonderen Untersuchung widmete, ob die dortigen hohen

Löhne Konstruktionen gezeitigt hätten, die meinem Spinnverfahren etwa überlegen sein könnten.

Ich fand nichts Derartiges, kam sogar sehr ermutigt zurück, weil Amerika damals schon 25000 elektrische Einzelspindeln in der Kunstseide-Industrie in Betrieb hatte.

Eine weitere bedeutende Ermutigung verdanke ich dem Schweizer Spinnereidirektor Alfred Bindschedler in Niederlenz, der trotz des nicht günstigen Eindrucks bei Besichtigung einer der oben erwähnten Kriegsmaschinen den Mut aufbrachte, eine solche Maschine aus dieser Kriegs-Bauserie zu kaufen und nach Ausmerzung der Ungenauigkeiten in Niederlenz in Betrieb zu bringen. Trotzdem sie ein ärmliches Kriegskind war, arbeitet diese Maschine noch heute zur größten Zufriedenheit und spinnt bei $3^1/_4$" Teilung und $4^3/_4$" Hub Langflachs und Langhanf-Heißwassergarn Nr. 16–20 lea mit 4800–5100 Umdrehungen (Bild 4). Heute sind die siebente und achte Maschine für die gleiche Firma im Bau (Bild 5): Heißwasser-Spinnmaschinen für Hanfwerggarne, 9 m lang, 4" Teilung, 4000 Umdrehungen, so daß in Kürze 900 Flügelmotoren in dieser Anlage in Betrieb sind.

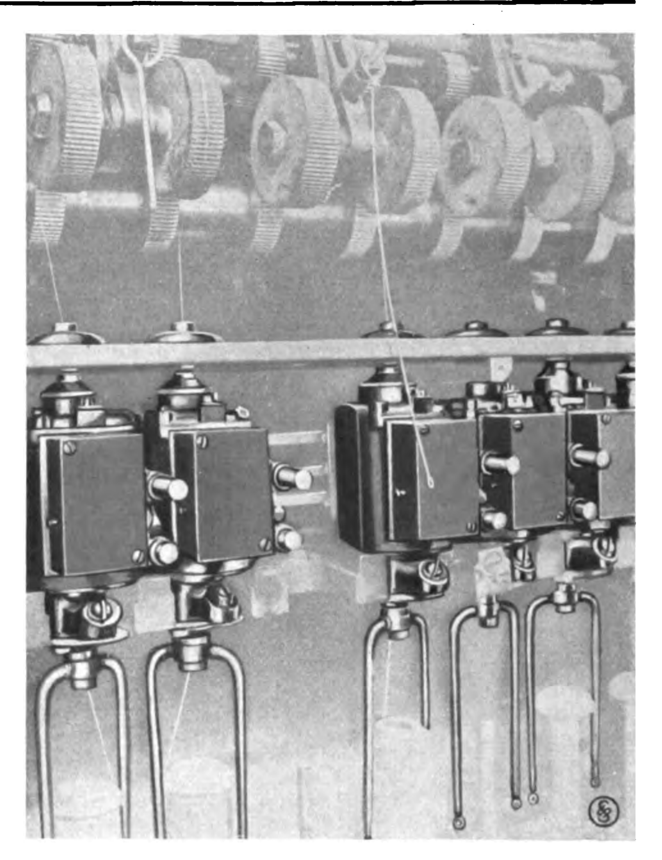


Bild 4. Spinnflügelmotoren einer Heißwasserspinnmaschine nach Entfernen der Blechverschalung.

Eine zweite Maschine aus der Kriegsserie kaufte ich Ende 1920 selbst zurück und brachte sie in der Höheren Preußischen Fachschule für Textilindustrie in Sorau-N./L. zur Aufstellung, wo sie nach Ausmerzung der größten Ungenauigkeiten seither dauernd die unreinste Qualität Flachswerggarne spinnt und die junge Generation Fachgenossen lehrt, daß dies trotz der Motor-Hohlwelle möglich ist.

Dank dem regen Interesse, das die Direktion der Fachschule und Herr Professor Mann meinen Arbeiten entgegenbrachte, konnte ich die ersten Spinnversuche mit Jute in Sorau dadurch zustande bringen, daß für einige Monate das Heißwasser-Streckwerk entfernt und durch ein Trocken-Streckwerk aus einer anderen Maschine der Fachschule ersetzt wurde.

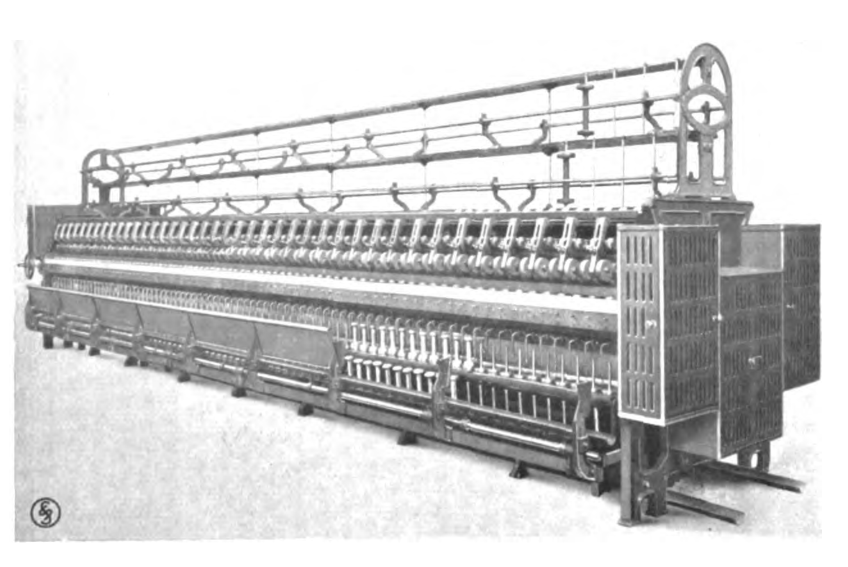


Bild 5. Heißwasserspinnmaschine für Hanfwerggarne.

Mancher Besucher aus der Juteindustrie mag damals enttäuscht gewesen sein, aber Paul Bahr in Landsberg vertraute darauf, daß ich bei jenen schwierigen Spinnverhältnissen die nötigen Beobachtungen gemacht hatte für den Entwurf

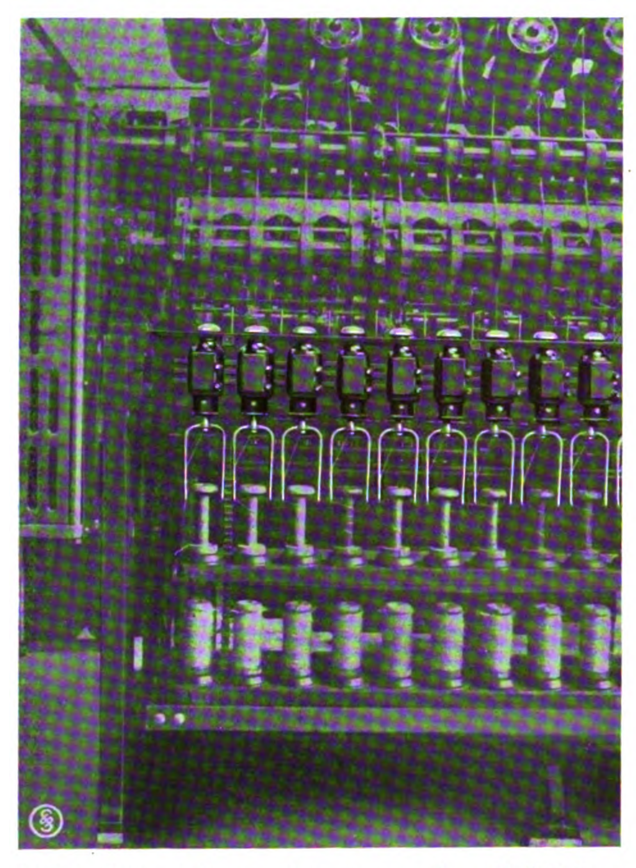


Bild 6. Teilansicht einer Jutespinnmaschine $4^1/_4''$ Teilung, $4^3/_4''$ Hub mit abgenommener Motorverschalung.

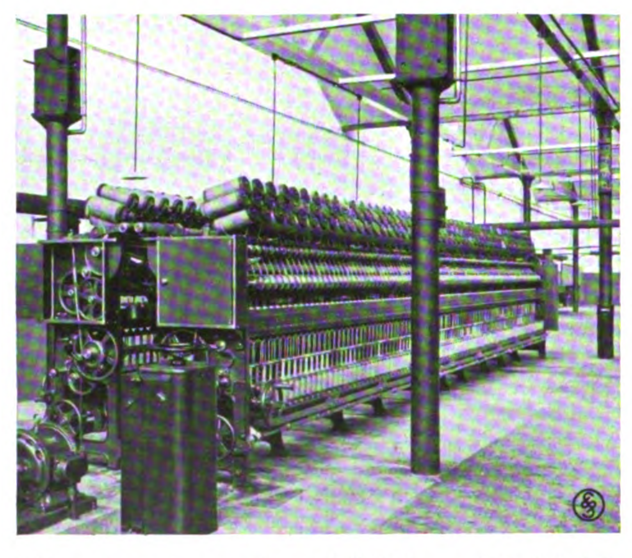


Bild 7. Jutespinnmaschine $4^1/_4''$ Teilung, 100 Spindeln bei den Vereinigten Jutespinnereien A.-G. Werk Mannheim-Waldhof.

einer brauchbaren elektrischen Jutespinnmaschine; er gab sofort die erste Bestellung, und C. O. Liebscher, Chemnitz, führte sie in Verbindung mit den SSW aus. Diese 8 m lange Maschine, $4^1/_4''$ Teilung, $4^3/_4''$ Hub, arbeitet seit Januar 1923 meist zweischichtig, also schon 5 normale Arbeitsjahre, ursprünglich nur für 3600 Umdrehungen, jetzt mit 4000 Umdrehungen eingerichtet (Bild 6).

Es dauerte ein Jahr, bis Bahr sich zur Bestellung der zweiten Maschine entschloß, und zwar in 10 m Länge und mit 4000 Umdrehungen, 84 Spindeln, $4^1/_4''$ Teilung (siehe Beilage dieses Heftes) — deren Erfolg so groß war, daß nach dreiwöchigem Betriebe schon der dritte Auftrag folgte (bisher 500 Flügelmotoren); ein viel größeres Projekt mußte leider wegen der wirtschaftlichen Verhältnisse dieses Jahres zurückgestellt werden.

Besonderen Dank muß ich aber hier Paul Bahr dafür aussprechen, daß er im Inland, Ausland und Übersee stets ein beredter Vorkämpfer für meine Maschinen war und ist. Auch sein Direktor Bruhnsen hält aus innerster Überzeugung an meinem elektrischen Flügeltrieb fest, gegenüber allem andern, was jetzt an neuen Spinnverfahren angeboten wird. — So laufen meine Jute-Spinnmaschinen heute in beträchtlicher Zahl in Deutschland, Belgien, Frankreich und in der Schweiz.

Die Entwicklungsgeschichte der elektrischen Jute-Spinnmaschine wurde vor einigen Monaten gekrönt durch eine fast 12 m lange Maschine, 100 Spindeln, $4^1/_4''$ Teilung, die bei den Vereinigten Jute-Spinnereien Akt.-Ges. im Werk Mannheim-Waldhof in Betrieb kam (Bild 7). Hatte die Tatkraft Direktor Vicks und die Arbeitsfreude seiner Beamten schon der Bergmann-Spindel Leistungen abgewonnen, die zu den höchsten zählen, so gelang es dort, bei gleicher Bedienung, von meinen Spinnseiten noch rund 70 % Mehrproduktion im Durchschnitt des zweiten Betriebsmonats zu nehmen, als von den Bergmann-Seiten im gleichen Monat, d. h. gleiche Prozentsätze Mehrproduktion, wie Bahr sie über die Produktion mit gewöhnlichen Spindeln hinaus erzielte. Mannheim ist dadurch zum Verfechter längster Maschinen mit höchster Produktion geworden.

Gleichmäßigkeit der Drehung und damit Hebung der Qualität zeigt Tafel 1.

Beide Jutespinner haben bewiesen, daß sie durch meine elektrischen Spinnmaschinen mit mechanischem Spulenwechsel für ihre heutige Produktion die reichliche Hälfte ihrer heutigen Belegschaft in der Feinspinn-Abteilung

Tafel 1.

Verteilung der Drehungen je 4″ Einspannlänge längs des Garnes Nr. 5 lea (3 m/gr) SS Kette.

1. von 3 Bergmannspindel-Spulen des gleichen Abzugs je 30 mal 4″ Fadenlänge geprüft.

1. Spule			2. Spule			3. Spule		
12	15	16	16,5	17,5	13,5	17	14	16,5
16,5	14	19	14	20	19	12,5	24	17,5
17	19	24,5	15	19	19	17	20	22
21	15	15	22	18	19	18	15	14
17	17,5	15	17,5	16	20,5	23	15	18,5
17,5	15	16	25,5	19	22	17	14	11,5
21	19,5	13	21,5	19,5	16	17,5	14	18
13,5	17,5	19,5	13	17	19	17,5	16	17,5
18	13	22	18	21	18	15	21	19,5
21	18	24	16,5	21,5	16	19	15	20,5
17,4	16,4	18,4	17,9	18,8	18,2	17,4	16,8	17,6
	17,4			18,2			17,3	

Hieraus 3 tiefste Werte	3 höchste Werte
11,5	25,5
12	24
12,5	24
Mittel: 12	Mittel: 24,5 = 104 % über tiefstem Mittel

2. von 3 Schneiderflügel-Spulen des gleichen Abzugs je 20 mal 4″ Fadenlänge geprüft.
Dann mit anderem Drehungsgrad:

1. Spule		2. Spule		3. Spule		1. Spule		2. Spule	
14,5	13	15,5	14,5	14	17,5	16	17	17,5	13,5
19,5	13,5	12,5	13	14,5	17	16,5	11,5	15	16
14	14,5	16,5	16,5	16	13	19	15	19	17
13	16	13	13	16	11	19,5	16	15	16
15	17	15	16	14,5	16	17	19	15,5	15,5
15	14	15,5	19	16,5	15,5	13	15,5	14,5	15
14	15	16	10	16	17,5	15	16	14	18,5
20	14,5	19	18	16	18	14	13,5	21	18
12	17	16,5	16	13	14	21	13,5	19	13
13	12,5	13	14	14,5	13,5	20	17	13	17,5
15,0	14,7	15,3	15,0	15,1	15,3	16,9	15,4	16,4	16,0
14,9		15,1		15,2		16,2		16,2	

Hiervon 3 tiefste	3 höchste	Hiervon 3 tiefste	3 höchste
10	20	11,5	21
12	19,5	13	21
12,5	19	13	21
Mittel: 11,5	Mittel: 19,5 = 69 % über tiefstem Mittel	Mittel: 12,5	Mittel: 21 = 66 % über tiefstem Mittel

Die Gleichmäßigkeit der elektrischen Flügel untereinander und die Gleichmäßigkeit der erteilten Garndrehung erlaubt große Produktionssteigerung unter Einhaltung gleicher Minima wie bisher!
Jutegarne werden viel fester, weil die überdrehten Stellen wegfallen!

ersparen können, ferner auch infolge des Spinnens auf viel größeren Spulen $^1/_4$ bis $^1/_5$ des Bestandes ihrer Spulerinnen und Kopserinnen.

Das Leute-Problem ist entscheidend für die nunmehr schnelle Verbreitung meiner Maschinen, selbst wenn in vereinzelten Fällen anfangs keine Verbilligung der Erzeugungskosten damit verbunden sein sollte, weil in heutiger Zeit gerade anfangs auf scharfe Abschreibung der höheren Kapitalanlage gedrängt wird.

Eine Kosten-Vergleichsaufstellung muß natürlich für jedes Land und seine Löhne sowie

für die örtlichen Verhältnisse jedes einzelnen Betriebes besonders ausgearbeitet werden, wobei außerdem noch zu beachten ist, ob verglichen werden muß mit den bisher in den Spinnereien befindlichen Maschinen kurzer Ausführung und verhältnismäßig feiner Teilung oder im Falle von größeren Neuanlage-Projekten bei moderner Kardierung und Vorgarnherstellung mit gewöhnlichen Spinnmaschinen größerer Länge in gleicher Teilung wie früher üblich oder aber gröberer Teilung, nachdem die allgemeine Richtung heute gleichen, sondern die notwendigen Anlagekosten für gewöhnliche oder meine Spinnmaschinen, in beiden Fällen unter Einschluß der Zölle und Frachten und des Antriebes, der bei meinen Maschinen einbegriffen ist, bei den gewöhnlichen aber unbedingt hinzugezählt werden muß.

Einen kurzen Auszug aus einigen größeren, z. Z. schwebenden Projekten möge nachstehende Tafel 2 erläutern.

Flüchtige Beobachter seien hier vor einigen Irrtümern gewarnt, die häufig unterlaufen sind.

Tafel 2

a) Vergleich der Kapitalanlage für Spinnmaschinen. Für 10000 kg 6er Jute-Halbkette in 9 Stunden

	Bisherige Flügelspinnmaschinen mit Bergmann-Spindeln, 4¼″ Teilung, 72 Spindeln, 3200 Touren	Schneiderspinnmaschine mit mechanischem Spulenwechsel, jeder Fügel elektrisch getrieben, 4¼″ Teilung, 100 Spindeln, 3800 Touren	Flügelspinnmaschine mit mechanischem Spulenwechsel wie bei der Schneiderspinnmaschine, jeder Flügel bandgetrieben, 4¼″ Teilung, 100 Spindeln, 3500 Touren
Tagesproduktion je Seite	Sept.-Durchschn. 230 kg $\frac{10000\ kg}{230\ kg}$ = 44 Seiten = 3168 Spindeln	Sept.-Durchschn. 392 kg $\frac{10000\ kg}{392\ kg}$ = 26 Seiten = 2600 Spindeln	Geschätzt 333 kg $\frac{10000\ kg}{333\ kg}$ = 30 Seiten = 3000 Spindeln
Maschinen + Zoll + Fracht in Süddeutschland . .	298 000 M	550 000 M	446 000 M
Antrieb durch Kurzschluß-motoren mit Lenix . .	32 000 „	eingeschlossen, sogar regelbar in 4 Stufen	Kurzschl.-Mot. nicht regelbar 24 000 M
	330 000 M	550 000 M	470 000 M

b) Vergleich der Tageskosten (oder Produktionskosten für 10 000 kg 6er Jute-Halbkette) und der Mädchenzahl.

Abschreibung: 300 Tage	10% 110 M	10% 184 M	10% 157 M
10% Zinsen auf Restkapital = 5,5% durchschnittlich	60 M	100 M	86 M
Extra-Abschreibung	— —	5,4% 100 M	6,4% 100 M
Kraft 7 Pfg./kWh	gemessen 2660 kWh 186 M	gemessen 1800 kWh 126 M	geschätzt 2000 kWh 140 M
Löhne: Spinnerinnen . .	44 × 4,05 M	26 × 4,50 M	30 × 4,50 M
Anspinnerinnen .	15 × 3,30 M	26 × 2,25 M	30 × 2,25 M
Abnehmer . . .	44 × 1,80 M	—	—
Kolonnenführer .	5 × 4,40 M	—	—
(Löhne zusammen)	329 M	175 M	202 M
(Kraft + Löhne)	515 M	301 M	342 M
	108 Mädchen 685 M	52 Mädchen 685 M	60 Mädchen 685 M
Schlußfolgerungen: von Anfang an werden erspart		56 Mädchen	48 Mädchen
vom 7.–10. Jahre sind die Tageskosten statt 685 M		nur 301 M	nur 342 M
und die Ersparnis für jedes kg Garn		3,84 Pfg.	3,43 Pfg.
vom 11. Jahre an sind die Tageskosten statt 515 M		nur 301 M	nur 342 M
und die Ersparnis für jedes kg Garn		2,14 Pfg.	1,73 Pfg.

dem größeren Spuleninhalt seinen Wert zuzuerkennen begonnen hat. — Auf keinen Fall darf man einfach die Spindelpreise miteinander ver- Die 10 m langen Jute-Spinnmaschinen mit elektrischem Flügeltrieb haben eine Spinnerin je Seite und zwei Spinnerinnen zusammen haben

eine Jugendliche zu Hilfe. Die 12 m langen elektrischen Spinnmaschinen haben eine Spinnerin und eine Jugendliche je Seite.

Das ist nicht etwa doppelt so viel wie eine Spinnerei heute zu haben glaubt, weil bei dieser Behauptung übersehen wird, daß in den Abnehmer-Kolonnen mindestens eine Jugendliche je Seite steht und ferner noch je Seite ein Anteil hinzukommt für die Gruppenführung der Jugendlichen und für Anspinnerinnen, die bald hier, bald dort helfen sollen — so ist meine Leutezahl schon je Spinnseite etwas kleiner und je Produktionseinheit sogar kleiner als die Hälfte der bisherigen.

Natürlich könnte man auch die kürzeren Maschinen, d. h. in der bisher üblich gewesenen Länge, mit elektrischem Flügeltrieb bauen und dann die Spinnerin ohne jegliche Hilfe daran arbeiten lassen. Das ist aus zwei Gründen weniger vorteilhaft:

1. wird die Zeit des mechanischen Auswechselns der Spulen nicht verlängert durch größere Baulänge der Maschinen oder, umgekehrt ausgedrückt, die Handgriffe für das Auswechseln der Spulen bei zwei kurzen Maschinen müssen zweimal gemacht werden, erfordern daher die doppelte Zeit wie das Auswechseln bei einer doppelt langen Maschine.

Bei mechanischem Spulenwechsel verdienen daher lange Maschinen den Vorzug.

2. spricht die Frage der Heranbildung des Nachwuchses für die Spinnerinnen ebenfalls wesentlich für lange Maschinen, weil man bei diesen den besten Spinnerinnen die jüngsten Anfängerinnen zu Hilfe geben kann und den mittleren die schon mehr vorgeschrittenen Jugendlichen — bei Maschinen der alten Länge hingegen würde die Beigabe der Jugendlichen zur Ausbildung eine unangenehme Belastung der Spinnkosten und eine Verringerung der Leuteersparnis bedeuten. — Ausdrücklich erwähnt sei, daß infolge der leichten Ausschaltbarkeit jedes einzelnen Spinnflügels die jüngsten und schwächsten Anfängerinnen sofort vom ersten Arbeitstage an jede Spindel zwecks Anspinnens eines gerissenen Fadens anhalten können, was bei den alten Maschinen nicht der Fall ist, bei denen sie mit der Hand in den laufenden Flügel greifen und diesen festhalten müssen, was besonders bei den gröberen Maschinen kräftigen Zugriff erfordert.

Eine andere fehlerhafte Überlegung behauptet, daß Schneider-Maschinen sich nur rentieren würden, wenn davon gleichzeitig 8—10 Seiten aufgestellt werden, weil soviel Seiten zu einer Abnehmer-Kolonne bisher gehörten. Das wäre nur dann richtig, wenn die Maschinen mit mechanischem Spulenwechsel an die Stelle alter Maschinen mit Abnehmer-Kolonne gestellt werden müssen, da diese Kolonne nicht beliebig verkleinert werden darf. Ist aber Platz für die Aufstellung von Schneider-Maschinen vorhanden, so bringt schon die Anschaffung einer einzigen den Genuß der vollen Vorteile.

Ein dritter häufiger Irrtum ist, daß Motoren so kleiner Leistung nicht mit einem wirtschaftlichen Wirkungsgrad gebaut werden können. Dieser beziffert sich heute auf rund 70 %, wobei der Aufwand für die Lagerreibung jedes Spinnelementes als Verlust gerechnet ist. Setzen wir nun den Fall, daß wir zum Treiben der Schnur- oder Band-Antriebstrommel einen Motor von 85 % Wirkungsgrad wählen, so gehen von diesen 85 % in den Trommellagern, in den Schnüren bzw. Bändern und in den Lagern des Spinnelementes so viele Teile verloren, daß sicher nicht 70 %, sondern kaum 50 % als Abgabe des Spinnelements übrig bleiben. Nicht nur aus dieser Überlegung erhellt, daß der kleine Flügelmotor dem großmotorigen Trommelantrieb an Wirtschaftlichkeit überlegen ist, sondern am besten sprechen die Zahlen, die wir in den verschiedenen Betrieben gewonnen haben, über die Wattstunden-Netzentnahme je kg Garn. Sie liegt bei dem Spinnelementantrieb um 20—40 % niedriger je kg Garn, als bei dem großmotorigen Trommelantrieb, trotzdem der Flügelantrieb nicht aus dem Netz unmittelbar gespeist wird, sondern über einen Periodenumformer, zwecks leichterer Regelung der Spinngeschwindigkeit und Einstellbarkeit der jeweils geeignetsten Drehzahl durch die Spinnerin selbst. Dies ist besonders wertvoll beim Spinnen der ersten Windungen auf die leeren Spulen und erlaubt ein Höherlegen der maximalen Spinngeschwindigkeit über den größten Teil der Füllzeit der Spinnspulen.

Ein vierter häufiger Irrtum ist das Bedenken, daß so kleine Motoren nicht solide und für sehr große Lebensdauer gebaut werden können.

Zwei Faktoren sind maßgebend für die Lebensdauer eines Elektromotors:

1. eine richtig bemessene Lagerung, die natürlich beachtet und möglichst stark gewählt wurde, selbst für die Beanspruchungen, die durch sehr schlechte Flügel verursacht werden könnten — die heutige Motorenausführung enthält Kugellager, die, von 6 zu 6 Monaten gewissenhaft geölt, ohne weiteres mindestens 20 Jahre aushalten sollten und leicht gegen neue einzeln auszutauschen sind, wenn einmal einer seine Zeit ausgedient hat.

2. der zweite Faktor ist die Erwärmung des Motors, die ein Altern der Wicklung zur Folge hat, indem die Isolation aus Baumwolle oder Seide durch dauernd höhere Temperatur ihre Elastizität verliert und brüchig wird. Die SSW-Flügelmotoren in meinen Spinnmaschinen (ausgenommen bei einigen ganz schweren Gillspinner-Antrieben) kommen aber nicht auf die nach den Verbandsnormalien zulässige Übertemperatur von 55° über Raumtemperatur, sondern nur etwa auf 5—10° über Raumtemperatur, weil für die geringen Wattverluste von z. B. 30 Watt verhältnismäßig ganz bedeutend größere Abkühlungsflächen vorhanden sind, als bei stärkeren Motoren. — Es sei hier erwähnt, daß die Motoren für ganz niedrige Spannungen gewickelt werden, um auch für diese minimalen Energien kräftige Wicklungsdrähte und andererseits große Isolationssicherheit zu bekommen, ferner, im Falle der Heißwasserspinnerei, auch die Spinnerin zu bewahren vor irgendwelchen Stromschlägen, die durch eine Störung vielleicht einmal verursacht werden könnten. — Die Transformierung von der beliebigen Netzspannung der Spinnerei auf die Flügelmotorenspannung geschieht im Frequenz-Umformer[1]). Für die einzelnen Drehmomente der gröberen und feineren Teilungen, Trocken- oder Naßspinnmaschinen, verwende ich nur eine einzige Flügelmotorgröße einheitlicher Wicklung, die von Fall zu Fall dem erforderten Drehmoment angepaßt wird durch Speisung mit der wirtschaftlichsten Spannung, womit die dritte Aufgabe gekennzeichnet ist, die der Perioden-Umformer jeder Spinnseite zu erfüllen hat. — Daraus ergibt sich der weitere Vorteil, daß diese Flügelmotoren in großen 1000er und später 10000er Serien einheitlich gebaut werden können, unabhängig von der Spannung des Einzelbestellers. So allein ist es möglich, sie zu einem Preis herzustellen, der ihre Anwendung erlaubt.

Es sei an dieser Stelle den SSW in Berlin-Siemensstadt und Nürnberg und ihren Ingenieuren, vor allem Herrn Dir. Kuhl, Herrn Dir. Ludwig und Herrn Dr.-Ing. Stiel verbindlichster Dank ausgesprochen für die nun über ein Jahrzehnt reichende mühevolle Entwicklungs- und Vervollkommnungsarbeit an den kleinen Spinnflügelmotoren einerseits und an der Schaffung völlig neuartiger und vielstufig regelbarer Perioden-Umformer andererseits. Daß beide zusammen mit dem mechanischen Teile der Spinnmaschinen am Netze einer beliebigen Spinnerei ein möglichst vollkommenes harmonisches Ganzes bilden, war nur durch intensive Zusammenarbeit von Berechnungs-, Versuchsfeld-, Fabrikations- und Konstruktions-Ingenieuren mit praktischen Spinnern möglich, und zahlreiche Bände mit Protokollen, ungezählte Besprechungen zeugen schon äußerlich von der ungeheuren Arbeit, die geleistet werden mußte, um die oben geschilderten Erfolge zu erzielen.

Nicht gesprochen wurde bisher von einer besonderen Gattung Flügel-Spinnmaschinen, die nach dem Flyer- oder Vorspinnmaschinentyp mit einer Doppelreihe versetzt zueinander stehender Spindeln ausgerüstet ist und die in der Flachs-, Hanf-, Jute-, Sisal- und Manila-Spinnerei Gill-Spinnmaschinen genannt werden, weil im Streckfeld die genannten Fasern auf diesen Maschinen stets durch ein Nadelwerk, englisch Gill-Streckwerk, gestützt sind.

Diese Maschinen kommen, abgesehen von vereinzelten verhältnismäßig feinen Teilungen, nur mit rädergetriebenen Spindeln und gleichzeitig rädergetriebenen Spulen vor, deren relative Geschwindigkeit von Wicklungslage zu Wicklungslage durch ein Differential geregelt wird.

Das Differential kann man entweder so einstellen, daß das gelieferte Spinngut ohne Spannung aufgewickelt wird, das ist notwendig bei den Flyerlunten oder Vorgarnen, die zwecks späteren nochmaligen Verzuges ganz lose Drehung erhalten müssen, oder das Differential wird von der Spinnerin nach jedem Spulenwechsel so eingestellt, daß die Aufwicklung mit Anspannung des erzeugten Fadens erfolgt, was nur bei Garnen

[1]) Über die Ausführung dieser Frequenzumformer vgl. den in diesem Hefte enthaltenen Aufsatz von Blanc.

möglich ist, die ihre volle Drehung auf dieser Maschine erhalten haben. Nur für dieses letztere Anwendungsgebiet kommt die Elektrifizierung der Gill-Spinnflügel mit größtem Erfolge zur Anwendung. Jeder Flügelmotor ersetzt hier nicht nur einen Schnur- oder Bandtrieb, sondern einen Rädertrieb, der eben wegen der Verzahnung bisher eine sehr niedrig begrenzte Flügelgeschwindigkeit hatte, noch richtiger gesagt, ersetzt jeder Flügelmotor sogar zwei Rädertriebe, weil die Spule nach meinen Konstruktionen überhaupt keinen besonderen Antrieb mehr erhält, sondern, ähnlich wie bei den Trocken- und Naßspinnmaschinen, vom aufzuwickelnden Faden nachgezogen wird, wobei die Eigenreibung der Spule für richtige und konstante Fadenspannung von selbst zu sorgen hat.

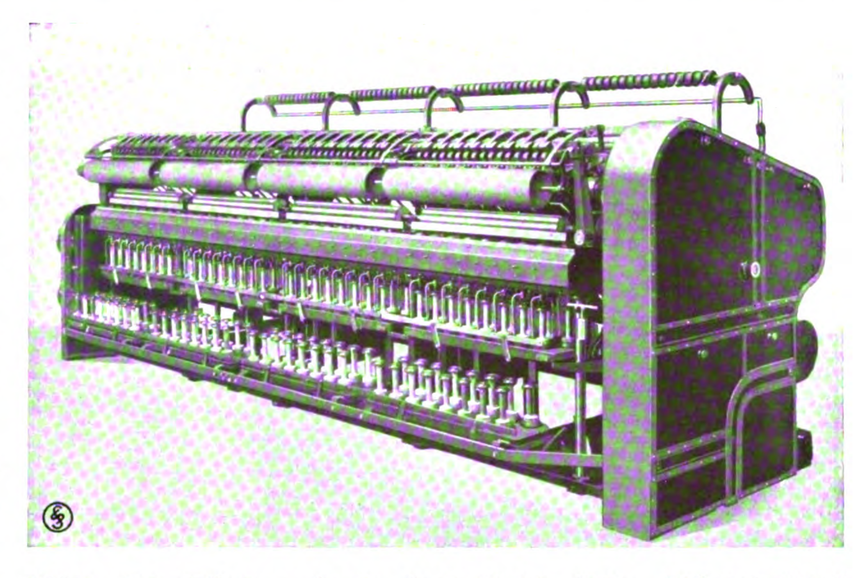


Bild 8. Fein-Gillspinner für Langflachs Nr. 14—18 lea, $4^{3}/_{4}$″ Hub (250 g) 4000 Umdr/min der Flügel bei der Schweiz. Leinen-Industrie A.-G., Niederlenz.

Gegenüber den modernsten Rädertriebgillspinnmaschinen ist es leicht, die zulässige Flügelgeschwindigkeit durch den elektromotorischen Flügeltrieb reichlich zu verdoppeln, und gegenüber veralteten Rädertrieben habe ich durch Umbau sogar eine Steigerung bis zur vierfachen Produktion je Spindel erreicht, allerdings nur bei Langflachs- bzw. Langhanf-Gillspinnmaschinen, weil nur bei diesen infolge des üblichen hohen Verzuges die Gillstäbe bisher so langsam liefen und infolgedessen auch so gut erhalten sind, daß sie die vierfache Geschwindigkeit gut vertragen. Derartige Feingillspinner sind veranschaulicht durch die Bilder von der Schweizerischen Leinenindustrie, Niederlenz (Bild 8) und den Gruschwitzwerken, Neusalz a. d. Oder, ferner von Schwerin & Söhne A.-G., Breslau (Bild 9). Diese Maschinen für Langflachs Nr. 14—18 lea und für Langhanf Nr. 8—12 lea sind mit der gleichen Motortype ausgerüstet wie die Trocken- und Naßspinnmaschinen und laufen mit 4000 bzw. 3700 Flügelumdrehungen. Derartige Feingillspinner waren ursprünglich nur für ganz hochwertige Garne lohnend.

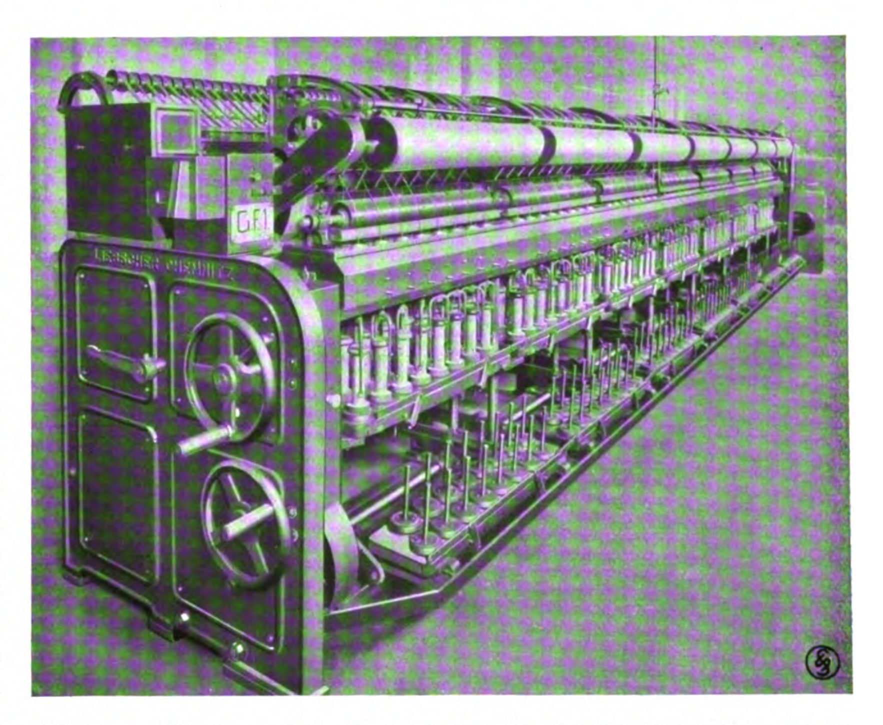


Bild 9. Fein-Gillspinner für Langhanf Nr. 8--12 lea, 6″ Hub (320 g) 3700 Umdr/min der Flügel bei Schwerin & Söhne A.-G., Breslau.

Durch die Flügelmotoren ist aber die Produktion des teuren Gillwerkes ja gleichfalls derart gefördert worden, daß dieses Gillspinnen jetzt nicht mehr

teurer ist, als das bisherige Langhanfspinnen auf gewöhnlichen Trockenspinnmaschinen. Da nun durch die Gillspinnverfahren ein Garn aus gegebenem Material immer eine höhere Reißkraft und ein schöneres Aussehen erhält, als das auf den gewöhnlichen Trockenspinnmaschinen erzeugte, so erschließt der elektrische Feingillspinner ein neues Feld der Langhanfspinnerei dadurch, daß Garne bisheriger Mittelqualität aus wesentlich billigeren Mischungen hergestellt werden können, als bisher. Ein besonderer Vorteil ist dabei noch das größere Fassungsvermögen der Spinnspulen mit 4 3/4" und 6" Hub (Tafel 3), die drei- bis fünfmal so viel Garn enthalten, wie die bisherigen Spinnspulen, so daß der nachfolgende Arbeitsprozeß — hier meistens Zwirnerei — von diesen großen Spinnspulen leicht viel mehr arbeitet oder das bisherige Umspulen der kleinen Spulen in große Aufsteckspulen für die Zwirnmaschinen erspart.

Noch zwei gröbere große Gillspinnertypen habe ich bisher gebaut, die eine mit 8" Spulenhub für Garne Nr. 1 1/2—3 lea (Bild 10) und die andere mit 10" Spulenhub für die noch gröberen. Für diese beiden Maschinengattungen ist eine stärkere Flügelmotortype notwendig, die erst in diesem Jahre herausgekommen ist (Bild 11), aber derartige Erfolge zeitigte, daß bereits eine ganze Anzahl Bestellungen besonders auf die allerschwersten Gillspinner in den letzten Monaten eingegangen sind, zum Teil für Hanf-, Werg- und Jutewurzelgarne, besonders aber für Sisal- und Manilagarne zur Herstellung von Bindegarnen von 330—500 m/kg und Seilfäden von teilweise noch geringerer Länge je kg (Bild 12 Kabelfabrik Landsberg a. d. Warthe).

Diese schweren Garne werden gesponnen auf Spulen von 10" Hub und 6" ⌀, die 2,7—2,8 kg Garn fassen. Es ist eine außerordentlich starke Spannung der Fasern bei der Drehunggabe notwendig, um Blasenbildungen zu vermeiden und ein möglichst gleichmäßiges Tragen aller Fasern zu bewirken. Dies ist bei der individuellen Bremsung jeder einzelnen meiner Spinnspulen ohne weiteres möglich, während bei dem bisherigen Gillspinner mit Differentialbremsung nur bei sehr gleichmäßigem Garn und exaktester Einstellung der Aufwicklung ein richtiges Anspannen aller Fäden möglich ist. Meistens findet man eine Anzahl Fäden auf diesen Maschinen außerordentlich straff, beinahe bis zum Zerreißen angestrengt, weil sie das Differential allein ziehen müssen, während eine Anzahl anderer Fäden wegen etwa abweichendem Wickeldurchmesser ganz lose sind. Bei Zerreißversuchen findet man dann, daß diese nicht plötzlich, sondern Faser um Faser mit fortlaufendem Knistern reißen, ein Zeichen, daß eben beim Spinnen nicht alle gleichmäßig angespannt waren und somit die Garnfestigkeit viel kleiner ist, als die Festigkeit der einzelnen Fasern zusammen addiert. Noch vor einem Jahrzehnt wurden diese Garne ausschließlich auf meist doppelspindligen Horizontal-Spinnautomaten hergestellt, bei denen jede Spule eine individuelle Bremsung hatte. Tatsächlich wurden auf diesen Spinnautomaten auch die Garne fester. Nur der

Tafel 3.

Vergleich des Spinnspulen-Inhalts					
	Teilung bzw. Spulenmaße	Baujahr	elektrischer Flügeltrieb	bisheriger Inhalt = 100 %	also elektrisch
Naßspinner	3 1/4"	1918	90 g	70 g	140%
	3 3/4"	1924	135 g	90 g	150%
	4"	1925	150 g	90 g	167%
Trockenspinner	4 1/4"	1923	190 g Jute	125 g (3 3/4")	135%
	4 1/4"	1923	210 g Hanf	140 g	150%
	4 1/4"	1925	210 g Jute	140 g (4")	150%
Gillspinner	4 3/4" × 2 5/8"	1924	250 g	90 g	275%
	6" × 2 5/8"	1923	300 g	90 g	330%
	8 × 4"	1924	850 g	330 g	260%
	10 × 6"	1925	2750 g	1100 g	250%

große Aufwand an Arbeitslöhnen brachte für diese Art Spinnerei seither einen gewissen Übergang zur Hartfasergillspinnerei zustande, unter Opferung eines gewissen Teiles der Qualität.

Hier setzt nun der elektrische Flügeltrieb im geeigneten Augenblick ein, um eine glückliche Verbindung zu schaffen in der Herstellung der vollwertigen Qualität mit den niedrigeren Spinnkosten, die um so mehr sinken, als wir mit den genannten, fast 3 kg schweren Spulen, Flügeldrehzahlen anwenden dürfen, die reichlich das doppelte der bisherigen, 1600—1800 statt 750—800, betragen. — Der Kraftverbrauch je kg Garn ist dabei gegenüber den neuen Gillspinnern nicht niedriger, vielmehr etwas höher, weil die durch den Faden geleitete Bremsenergie im Falle der individuellen Bremsung vernichtet wird, während sie im Falle des Rädergillspinners zu einem gewissen Teil an die Hauptwelle der Maschine zurückkehrt, soweit sie nicht in den Rädertrieben verloren geht. Gegenüber den Horizontal-Spinnautomaten, die ja auch mit individueller Bremsung bisher schon arbeiteten, ist hingegen der Kraftverbrauch des elektrischen Flügeltriebes je kg Garn mindestens 50 %, in vielen Fällen sogar 60 % niedriger.

Die Produktionssteigerung aller elektrischen Gillspinner ist nicht allein durch das Verhältnis der Flügeldrehzahlen ausgedrückt, sondern geht noch bedeutend darüberhinaus: 1) weil die Spulenwechseldauer durch den auch hier angewendeten mechanischen Spulenwechsel sehr abgekürzt ist und 2), weil bei den bisherigen Rädergillspinnern vor Wiederanspinnen eines gerissenen Fadens stets die ganze Maschine abgestellt werden mußte. Bei den meisten elektrischen Gillspinnern ist es gelungen, dies zu vermeiden durch die Anordnung einer Aufwickelwalze für das in der Lieferung nicht zu unterbrechende Spinngutband für die Zeit, während welcher der gerissene Faden auf der Spule durch die Flügelhohlwelle gezogen werden muß, bis ein Wiederanspinnen möglich ist. Den Vorschlag dieser Aufwickelwalze verdanke ich dem Konstrukteur Mäder von J. J. Rieter & Cie., Winterthur, wo eine Anzahl Gillspinner auf elektrischen Flügeltrieb umgebaut wurden. Diese Aufwickelwalze hat ermöglicht, daß sogar bei einem Fadenbruch in der hinteren Flügelreihe ein Abstellen der Maschine nicht mehr notwendig ist, weil es genügt, in der vorderen

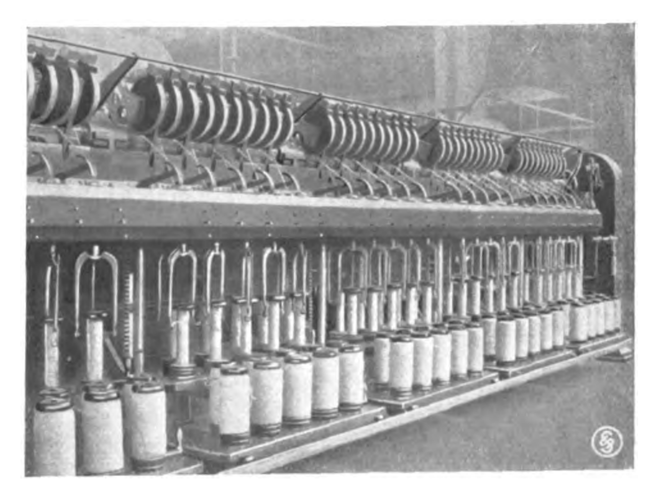


Bild 10. Mittel-Gillspinner für Jute und Hanfwerg Nr. $1^1/_2$ bis 3 lea, 8" Hub (850) g), 2000 Umdr/min der Flügel bei der Bindfadenfabrik A.-G. Schaffhausen.

Reihe je einen Flügelmotor links und rechts von dem hinten gerissenen Faden abzustellen, um der Spinnerin den Zugang zu der in der hinteren

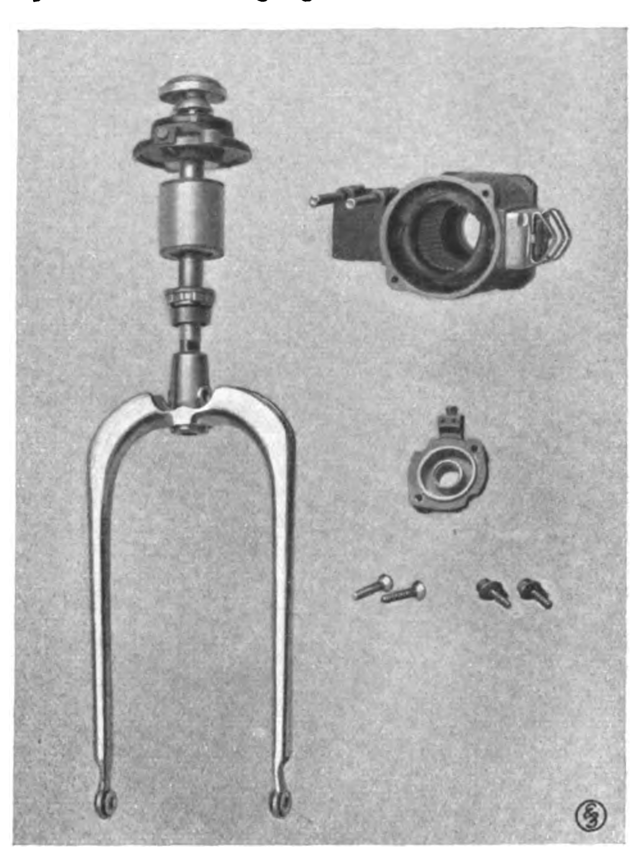


Bild 11. Flügelmotor neuester Bauart für schwerste Gillspinner (zerlegt).

Reihe befindlichen Spinnspule zu ermöglichen. So laufen während ein paar Sekunden dann sogar 3 Bändchen auf diese Aufwickelwalze. Bei der

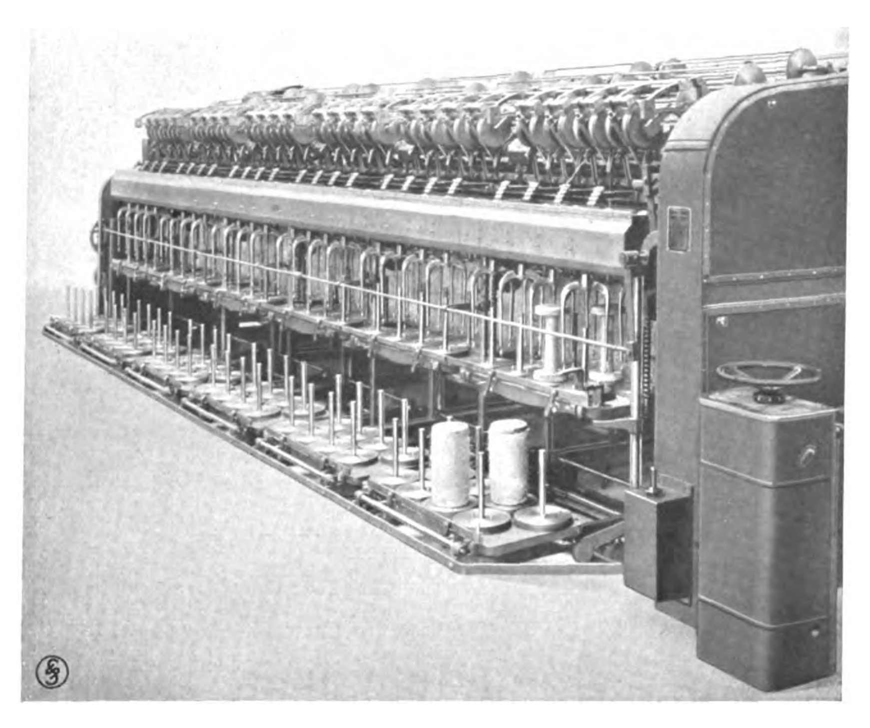


Bild 12. Grob-Gillspinner zur Herstellung von Bindegarnen von 330–500 m/kg.

Abstellung der erwähnten beiden vorderen Motoren behält man das Ende der Fäden oberhalb des Motors in der Hand, so daß das Wiederanspinnen der Enden ohne Zeitverlust vor sich geht — der Einwand vereinzelter Spinner, daß also für einen Fadenbruch in der hinteren Reihe künstlich noch 2 Fadenbrüche in der vorderen verursacht würden, tritt zurück gegen die Tatsache, daß trotz seltenen Vorkommens solcher Fälle der Wirkungsgrad der Gillspinner durch Vermeidung des Abstellens der ganzen Maschine vielleicht um $5\%-8\%$ gehoben wird, so daß wir heute mit den Feingillspinnern schon 94% Wirkungsgrad nicht selten erreichen und darum auch über die ursprüngliche Länge von 64 Spindeln bald hinaus gegangen sind, bisher bis zum Maximum von 112 Spindeln je Maschine. — Bei den Hartfasergillspinnern ist infolge der großen Dicke der Bänder und der großen Länge der Sisal- und Manilafasern und ihrer enormen Einzelfestigkeit weder das Aufwickeln auf Zylinder kleinen Durchmessers möglich, noch aber das Wiederabziehen nach erfolgtem Wiederanspinnen, so daß wir zunächst diese Maschinen noch nicht länger bauen als mit 48 Spindeln, $10\times6''$. Die Produktion dieser Maschinen ist immerhin größer als die von 96 rädergetriebenen Spindeln, während auch die schweren Rädertriebgillspinner heute noch nicht länger als für 64 Spindeln gebaut werden.

Ob mit dieser Spulengröße $10\times6''$ eine Grenze für den elektrischen Flügeltrieb erreicht ist, wird das nächste Jahr lehren. Es ist denkbar, daß für die allerschwersten 150–250 m/kg Garne eine noch schwerere Gillspinnertype gebaut werden muß, die dann allerdings einen noch stärkeren Motor zur Voraussetzung hätte[1]).

Haben wir so die derzeitige Grenze des elektrischen Flügeltriebes auf der Seite der schwersten Garne berührt, so ist die Grenze auf der Seite der feineren Garne außerordentlich viel schwerer zu ziehen, weil sie eine fast reine Wirtschaftlichkeitsfrage ist und darum für verschiedene Länder stark verschieden liegt. Diese wirtschaftliche Grenze nach der Seite der feinen Nummern scheint bei dem heutigen Stande des Flügelmotorenbaues bei etwa Nr. 25 lea = 15 m/g zu liegen. Für die feineren Nummern gibt es eine bereits gut bewährte mechanische Lösung (gebaut von den Firmen Prince-Smith in Keighley für Kammgarn und James Mackie in Belfast für Bastfaser), an der ich selbst mitgearbeitet habe und noch mitarbeite.

Wo sich in Zukunft die wirtschaftliche Grenze zwischen elektrischem und mechanischem Flügelantrieb endgültig einstellen wird, läßt sich heute noch nicht voraussagen. Diese Grenze ist heute flüssig. Sie hängt nicht nur vom Stande des Flügelmotorbaues, sondern auch von vielen wirtschaftlichen und technischen Faktoren anderer Art ab.

In den vorstehenden Ausführungen wurde gezeigt, wie nach 6 Jahren Experimentierarbeit die Vorgeschichte abschloß und wie das dann folgende Jahrzehnt trotz guten Ausfalls des

1) Die größere Anzahl der vorgenannten Maschinen von Grund auf mit mir zusammen durchkonstruiert zu haben, ist die dankenswerte Entwicklungarbeit der Maschinenfabrik C. O. Liebscher, Chemnitz, und ihres seit einigen Jahren fast ausschließlich für meine Maschinen tätig gewesenen Konstruktionsingenieurs Augsten.

ersten Naßspinners zwar durch die Kriegsmaschinen einen Rückschlag brachte, wie aber durch persönliches Eingreifen und zähe Ausdauer doch wieder sehr gut brauchbare und mit der Zeit vorzügliche Maschinen geschaffen wurden und wie heute Erfahrungen vorliegen über das ganze Gebiet der gröberen Flachs-, der Hanf- und Jute- und der Sisal- und Manilaspinnerei. Gerade die Not der Zeit hat uns angespornt, immer höhere Leistungen aus all diesen Maschinen zu holen und sie dafür weiter zu vervollkommnen.

Die Löhne werden höher und höher. Die Zahl der Spinnerinnen und der Abschneiderinnen immer knapper. Schon ist eine Flachsspinnerei im deutschen lohnhohen Westen stillgesetzt worden. Andere werden noch folgen. Hier bietet die elektrische Maschine die Rettung, da sie 50% und noch mehr der genannten Leuteklassen erspart.

Eine solche Reorganisation kostet natürlich Mittel, teure Geldmittel. Jedoch können wir deren hohe Verzinsung und rasche Tilgung innerhalb einiger Jahre nachweisen im Rahmen der bisherigen Höhe der Produktionskosten. Nach den Tilgungsjahren gesellt sich zur Ersparnis der 50% Leute noch die Verringerung der Produktionskosten um $^1/_4$ bis $^1/_3$ der bisherigen Höhe. Wer erst in einigen Jahren zu reorganisieren beginnt, wird weit schwerer tilgen und den Vorsprung der anderen nicht leicht mehr einholen können.

Bis heute haben 16 Spinnereien angefangen. Nur eine davon, die zeitlich zweite mit einer Kriegsmaschine, hat wieder aufgegeben. Die anderen 15 haben nun schon 30 Maschinen in Betrieb oder Bestellung.

Die Bastfaserspinnerei wird erst später würdigen, was sie diesen Pionieren verdankt, die die Verantwortung für die ersten Bestellungen der Maschinen mit elektrischem Flügelantrieb auf sich nahmen. Heute ist es kein Risiko und keine Verantwortung mehr, sich zu dem neuen System zu bekennen. Heute sind Männer nötig mit dem Scharfblick, der erkennt, wie trotz der geldteuren Zeit jetzt reorganisiert werden kann und muß. Danach aber werden Jahre kommen, in denen es sich rächt, gar nicht oder nicht beizeiten mitgetan zu haben.

Der elektrische Antrieb in der Weberei

Von Dipl.-Ing. A. Major, Abteilung Industrie der SSW.

Das aus der Spinnerei kommende Garn, und zwar sowohl das Schuß- als auch das Kettgarn wird in der Webereivorbereitung weiter verarbeitet. Das Schußgarn wird zumeist umgespult, hauptsächlich um hierbei die Spinnfehler auszumerzen und dadurch die Anzahl der Fadenbrüche im Webstuhl herabzusetzen. Webereien, die das Garn beziehen, werden das Umspulen stets vornehmen, um die Hülsenverluste und die Transportkosten zu verringern. Das Kettgarn wird am häufigsten auf der Kreuzspulmaschine umgespult, wodurch die Verwendung von billigen Papp- oder Holzhülsen ermöglicht, einer Verwicklung des Garnes beim Abwickeln vorgebeugt, ferner eine gleichmäßige Ablaufspannung beim Zetteln gewährleistet wird.

Um die Fadenbrüche bei der weiteren Verarbeitung möglichst niedrig zu halten, ist es erforderlich, daß beide Garnarten mit einer möglichst gleichmäßigen Fadenspannung umgewickelt werden, was nur erreicht werden kann, wenn der Antrieb der Spulmaschinen selbst gleichmäßig erfolgt. Die Erfahrung zeigt, daß Transmissionsantrieb diese Bedingung nicht erfüllen kann, denn durch das Abstellen und Zuschalten der einzelnen Maschinen wird der Gang der laufenden Maschinen ungünstig beeinflußt. Aus diesem Grunde hat sich bei diesen Maschinen der elektrische Einzelantrieb durchweg eingeführt, und zwar mit dem besten Erfolg. Zur Verwendung kommen vollkommen geschlossene Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer, also Motoren, welche die denkbar einfachste Bedienung erfordern und größtmögliche Betriebssicherheit gewährleisten (Bild 1). Zahnradantrieb ermöglicht Änderung der Drehzahl durch Auswechseln des Motorritzels, einen dichten Anbau des Motors an die Maschine und einen vollkommen gleichmäßigen Gang infolge Ausschaltens des Riemenschlupfes bei Riementrieb.

Das Schußgarn ist nach dem Umspulen fertig für das Verweben.

Das Kettgarn wird entweder auf der Zettelmaschine oder auf der kombinierten Scher- und

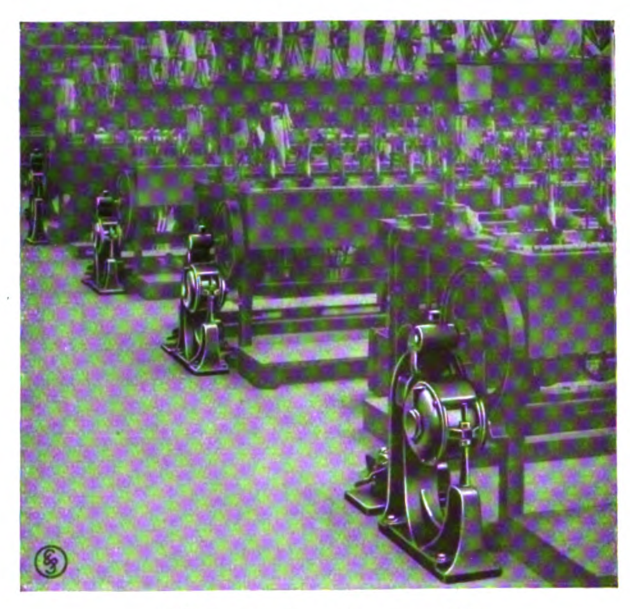


Bild 1. Spulmaschinenantriebe.

Bäummaschine auf den Zettel- bzw. Kettbaum aufgewickelt. Bei der Zettelmaschine geschieht das Umwickeln in einem Arbeitsgang auf der vollen Breite des Zettelbaumes, jedoch nicht in der endgültigen Dichte für das Verweben. Erst auf der Schlichtmaschine werden die Kettfäden mehrerer Zettelbäume vereinigt und in der endgültigen Dichte auf den Kettbaum aufgewickelt. Mit Rücksicht auf die große Anzahl der gleichzeitig aufzuwickelnden Fäden werden moderne Zettelmaschinen mit Fadenfühlern ausgerüstet, welche die Maschine sofort abstellen, wenn ein

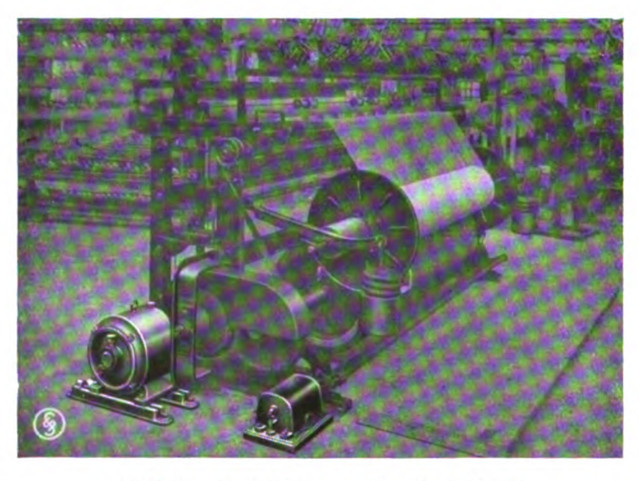


Bild 2. Antrieb einer Zettelmaschine.

Faden reißt. Auf der kombinierten Scher- und Bäummaschine geht das Umwickeln in zwei Arbeitsgängen vor sich. Zuerst werden die Kettfäden vom Spulengestell auf den Scherbaum zwar in der endgültigen Dichte aufgewickelt, aber nicht gleichzeitig in der vollen Breite des Baumes, sondern Stück für Stück. Bei diesem Arbeitsvorgang ist das Feststellen von Fadenbrüchen leichter, da die Anzahl der gleichzeitig zu wickelnden Fäden meistens geringer ist. Nachdem auf diese Weise der Scherbaum stückweise vollgewickelt ist, werden die Kettfäden in der vollen Breite auf den Baum umgewickelt. Bei diesem Arbeitsgang kommen Fadenbrüche schon seltener vor, da die fehlerhaften Stellen bereits beim Scheren ausgeschieden wurden.

Einen Antrieb einer Zettelmaschine zeigt Bild 2. Der Motor ist an die Maschine ganz dicht angebaut, der Schalter kann mittels eines Fußgestänges, das an der Bedienungsseite angebracht ist, betätigt werden.

Bild 3 zeigt einen Scher- und Bäummaschinenantrieb. Bei der abgebildeten Maschine ist der Scherbaum in der achsialen Richtung verschiebbar, um das stückweise Aufwickeln der Kettfäden zu ermöglichen. Die mechanische Kraftübertragung auf den Scherbaum war sehr ungünstig, da die Übertragungswelle in ihrem Lager ebenfalls verschiebbar sein mußte, wodurch eine gute Lagerung nicht möglich war. Einerseits aus diesem Grunde, andererseits, weil während des Scherens der Kraftbedarf der Maschine bedeutend geringer ist als während des Bäumens, wodurch also der Antriebsmotor während des Scherens unterbelastet wäre, ist für den Antrieb dieser Maschine ein Zweimotorenantrieb durchgebildet worden. Dadurch kommt das umständliche mechanische Vorgelege in Fortfall und es ist eine günstige Kraftübertragung erreicht, da nun der kleine Motor an dem Scherbaum angebaut werden konnte. Beim Verschieben des Scherbaumes wandert der kleine Motor mit.

Auf Bild 4 sind Scher- und Bäummaschinen mit Einmotorenantrieb abgebildet. Bei dieser Anordnung wird es zweckmäßig sein, den Motor beim Scheren in Sternschaltung, also mit herabgesetzter Spannung, beim Bäumen in Dreieckschaltung laufen zu lassen. Dadurch werden Leistungsfaktor und Wirkungsgrad während des Scherens wesentlich verbessert. Es wäre zu empfehlen, die Sternstellung mit Aufschrift „Scheren", die Dreieckstellung mit „Bäumen"

zu versehen, damit die Stellungen nicht verwechselt werden und somit verhindert wird, daß z. B. in der Sternstellung gebäumt wird.

Während des Webens wandern bei der Fachbildung die Kettfäden nebeneinander auf und ab. Um zu vermeiden, daß während dieses Vorganges die Kettfäden infolge der Reibung aufgelöst werden, ferner um die Festigkeit für den Webprozeß, bei dem die Zugbeanspruchung an die Festigkeit des Fadens große Anforderungen stellt, zu erhöhen, wird das Garn auf der Schlichtmaschine geschlichtet. Entsprechend den verschiedenen Garnen, die zur Verarbeitung gelangen, ist es zweckmäßig, für den Antrieb der Schlichtmaschine einen regelbaren Motor zu wählen. Der Ventilator für die Trockenkammer kann mit einem Kurzschlußläufer direkt gekuppelt werden.

Die Vorbereitungsmaschinen stellen in elektrischer Hinsicht an die Antriebsmotoren keine besonderen Bedingungen, mit Ausnahme der Schlichtmaschine. Es ist lediglich notwendig, die Motoren für diese Maschinen in bezug auf Leistung, Drehzahl usw. richtig zu wählen und die zweckmäßigste Anordnung und Kraftübertragung zu treffen, so daß aus den Maschinen bei bester Qualität die größtmögliche Produktion herausgeholt wird.

Anders verhält sich die Sache bei den Maschinen, die nun behandelt werden sollen, bei den Webstühlen. Die Anforderungen, die an den Webstuhlantrieb gestellt werden, haben es mit sich gebracht, daß hierfür Sonderantriebe durchgebildet werden mußten, wenn das Ziel: beste Qualität bei größter Produktion, erreicht werden sollte. Dem Studium dieser eigenartigen Maschine haben die SSW, wie auf allen Gebieten, die größte Aufmerksamkeit gewidmet; der Erfolg blieb auch nicht aus: Die von den SSW bis heute mit elektrischem Einzelantrieb ausgerüsteten Webstühle erreichen annähernd die Zahl 70000.

Die heftigen Schützenschläge, die unausgeglichene Massenbewegung der Lade und das plötzliche Abstellen des Stuhles bei Fadenbruch verleihen dem mechanischen Schlagschützenwebstuhl seine Eigenart. Schützenschlag und Ladenbewegung sollen vollkommen gleichmäßig sein, damit die durch diese hervorgerufenen Spitzenbeanspruchungen der Fäden

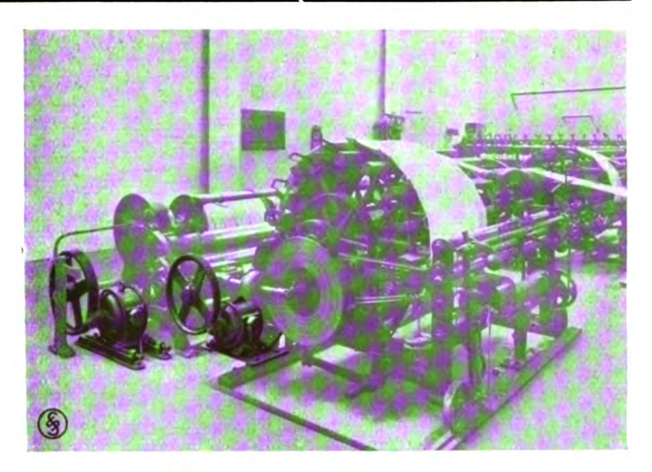


Bild 3. Zweimotorenantrieb einer Scher- und Bäummaschine.

gleich groß sind und ein gleichmäßiges Gewebe erhalten wird. Sind die Spitzenbeanspruchungen ungleich, so wird man die mittlere Geschwindigkeit des Stuhles stets nach den höchsten Spitzenbeanspruchungen bestimmen müssen, damit die Anzahl der Fadenbrüche nicht einen unzulässig hohen Wert erreicht. Das Abstellen des Stuhles beim Fadenbruch geschieht unregelmäßig und ist abhängig von der Fadenfestigkeit und Fadenbeanspruchung; letztere erreicht naturgemäß einen Mindestwert, wenn die Bedingung der gleichmäßigen Spitzenbeanspruchung erfüllt wird. Es ist klar, daß bei Transmissionsantrieb diese Bedingung niemals erfüllt werden kann, denn die Stühle beeinflussen gegenseitig ihren Gang. Das Drehmoment des Stuhles ändert sich in sehr weiten

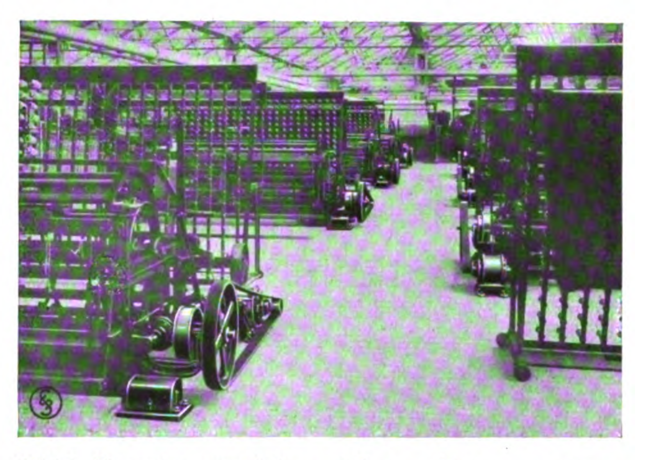


Bild 4. Einmotorenantrieb von Scher- und Bäummaschinen.

Grenzen; bei der Verzögerung der Lade wird es sogar negativ, wodurch die Antriebsriemen manchmal heftig schlagen. Die großen Dreh-

momentschwankungen infolge der schlagenden Riemen, ferner infolge des häufigen plötzlichen Abstellens der einzelnen Stühle werden naturgemäß auf die Transmissionswelle übertragen, wobei die Eigenschwingung der Transmissionswelle die Unregelmäßigkeit noch weiter erhöht. Am unruhigsten laufen selbstverständlich diejenigen Stühle, die vom Antriebspunkt am entferntesten liegen. Die Mehrproduktion beim elektrischen Einzelantrieb wird also erreicht einerseits durch die Möglichkeit, die mittlere Drehzahl mit Rücksicht auf den vollkommen gleichmäßigen Lauf des Stuhles heraufzusetzen, andererseits durch die Verminderung der Anzahl der Fadenbrüche. Es ist klar, daß beim gleichmäßigen Lauf des Stuhles auch ein besseres Gewebe erzielt werden muß, da hierbei der Schußfaden stets mit gleicher Kraft angeschlagen wird, wogegen bei Transmissionsantrieb die Anschlagkraft der Lade von dem jeweiligen Geschwindigkeitszustand der Transmissionswelle abhängig ist. Hierdurch wird die Dichte des Gewebes ungleichmäßig.

Alle die vorgenannten Forderungen, die zur Steigerung von Menge und Güte der Erzeugung an den Webstuhlantrieb gestellt werden müssen, lassen sich durch einen zweckmäßig durchgebildeten elektrischen Einzelantrieb erfüllen, in idealster Weise beim Zahnrad-Einzelantrieb, in etwas geringerem Maße beim Riemeneinzelantrieb, bei dem der ungleichmäßige Riemenschlupf infolge des veränderlichen Drehmomentes nicht vollkommen gleichmäßig ist; dagegen sind die Schwankungen bei Transmissionsantrieb erheblich. Es ist ferner zu sehen, daß bei dem Zahnradantrieb der erste Schützenschlag nach Pausen im Gegensatz zum Transmissionsantrieb fast bei voller Geschwindigkeit der Antriebswelle erfolgt. Dadurch werden die Stellen im Gewebe, bei denen der Stuhl infolge von Fadenbruch abgestellt werden mußte, unmerklich. Hat der erste Schuß wie bei Transmissionsantrieb verminderte Kraft, so wird an dieser Stelle der Schußfaden etwas weniger dicht angeschlagen und die Stelle wird im fertigen Gewebe bemerkbar, das Gewebe wird ungleichmäßig. Die Tatsache, daß bei Transmissionsantrieb der erste Schuß bei wesentlich verminderter Geschwindigkeit der Antriebswelle erfolgt, zwingt dazu, die Schlagvorrichtung so einzustellen, daß die Stoßkraft auch bei dieser verminderten Geschwindigkeit ausreicht, um dem Schützen die erforderliche kinetische Energie zu übermitteln. Demzufolge ist die Stoßkraft bei der vollen Betriebsgeschwindigkeit zu groß, der Webstuhl arbeitet zu hart, wodurch die Lebensdauer des Stuhles herabgesetzt, der Energieverbrauch dagegen unnötig heraufgesetzt wird.

Bei der Durchbildung des Zahnradeinzelantriebes mußte darauf Rücksicht genommen werden, daß die Webstühle bei Kett- oder Schußfadenbruch, beim Steckenbleiben des Schützen im Fach usw. durch Sicherheitsvorrichtungen, wie Kett- und Schußfadenwächter, Frosch und Stecher selbsttätig augenblicklich

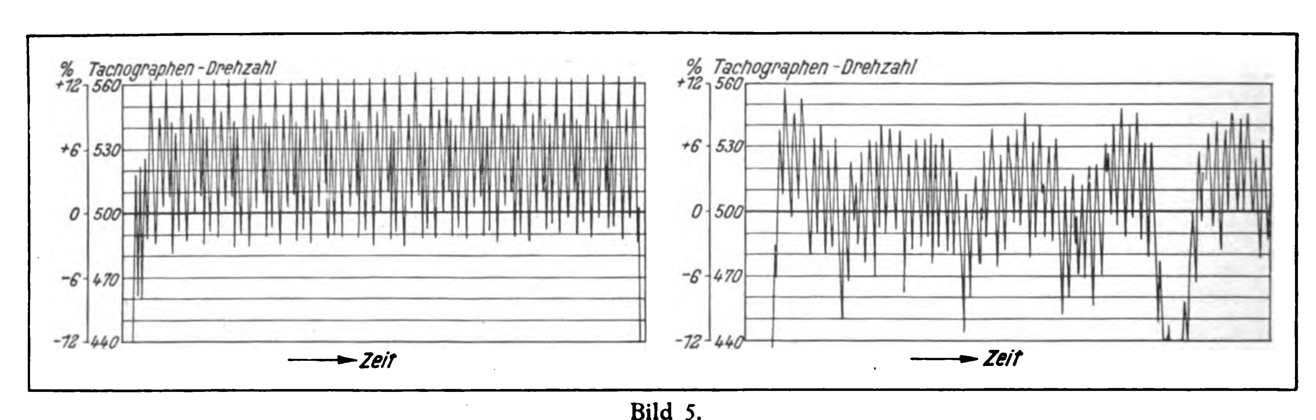


Bild 5.

Drehzahlschaubild eines mit Zahnradeinzelantrieb ausgerüsteten Webstuhls. Drehzahlschaubild eines Webstuhls bei Transmissionsantrieb.

ausgeschaltet ist. Aus den Drehzahlschaulinien (Bild 5) ist deutlich zu ersehen, daß das Geschwindigkeitsspiel beim Zahnradeinzelantrieb zum Stillstand gebracht werden. Infolge des Trägheitsmomentes des Motors würde die Zahnbeanspruchung des Vorgeleges unzulässig hoch.

Um dies zu verhüten, ist das eine Rad des Vorgeleges, das auf die Antriebswelle des Webstuhles aufgekeilt wird, von den SSW als Rutschkupplung ausgebildet und ihnen patentiert worden. Die Rutschkupplung besteht aus der auf die Webstuhlwelle aufgekeilten sogenannten Bremsscheibe und dem Zahnkranz, der auf der Bremsscheibe sitzt und mit dieser nur durch Bremsbänder verbunden ist. Die Bremsbänder sind mit Holzklötzchen ausgerüstet, die auf der Bremsscheibe beim plötzlichen Abstellen rutschen können und dadurch die kinetische Energie des Motorläufers in Wärme umsetzen. Der Anpressungsdruck kann mit großer Genauigkeit eingestellt werden. Betriebsmäßig soll die Einstellung so erfolgen, daß die Rutschkupplung weder beim Anlauf noch während des Betriebes rutscht, sondern nur, wenn der Stuhl plötzlich abgestellt wird. Etwa 70% der von den SSW gelieferten Webstuhlantriebe sind als Zahnradantriebe mit Rutschkupplung ausgeführt, ein Zeichen dafür, daß sich die Rutschkupplungen im Betriebe bestens bewährt haben.

Der Motor wird in einem Bock gelagert, damit die Schußzahl, entsprechend der zu verwebenden Ware, durch Auswechslung des Motorritzels bequem geändert werden kann. Man kann dadurch die höchste Geschwindigkeit des Stuhles bei noch zulässigem Fadenbruch einstellen. Bild 6 zeigt einen Zahnradeinzelantrieb. Die Stützspindel kann aus dem Bock leicht entfernt und dadurch der Ausbau des Motors auf einfachste Weise bewerkstelligt werden. In Bild 7 ist ein schwerer Baumwoll-Webstuhl mit dem sogenannten indirekten Antrieb dargestellt. Die Vorgelegewelle steht senkrecht zur Webstuhlwelle, der Antrieb geschieht hier über eine Konuskupplung, wodurch die Rutschkupplung überflüssig wird. Beim Abstellen des Stuhles wird die Konuskupplung ausgerückt und dadurch werden Zahnbrüche vermieden. Am besten wird hierbei die eine Hälfte der Konuskupplung mit einem Zahnkranz versehen und der Motor wird zweckmäßigerweise in den Betriebspausen abgeschaltet. In diesem Falle wird der Schalter mit dem Gestänge für die Konuskupplung verbunden. Der Motor ist als Fußmotor ausgebildet. Bild 8 zeigt einen Buckskinstuhl mit Jacquardapparat ebenfalls mit indirektem Antrieb.

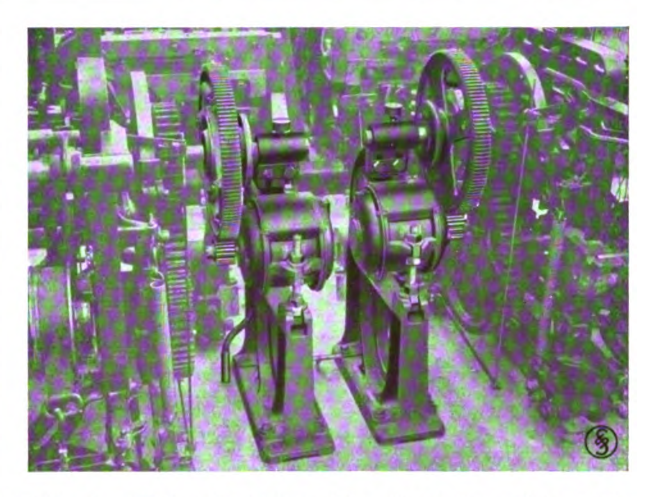


Bild 6. Webstuhl-Zahnradeinzelantriebe (Cotonificio Triestino Brunner S. A., Görz).

Bei Riemenantrieb wird der Motor in einer Wippe federnd gelagert, um einen möglichst gleichmäßigen Riemenzug zu erreichen. Wie bereits oben erwähnt, ist der Gang des Stuhles bei Riemeneinzelantrieb ungleichmäßiger als bei Zahnradantrieb; man hat aber den Vorteil, daß die Antriebe billiger sind und infolge Fortfalls der Rutschkupplungen etwas weniger Wartung benötigen. Man wird also in Betrieben, in denen die Betriebsüberwachung weniger streng durchgeführt wird und die auf billige Anschaffungskosten Wert legen müssen, den Wippenantrieb verwenden. In Anlagen jedoch, die geringe Produktionskosten bei bester Qualität und dadurch beste

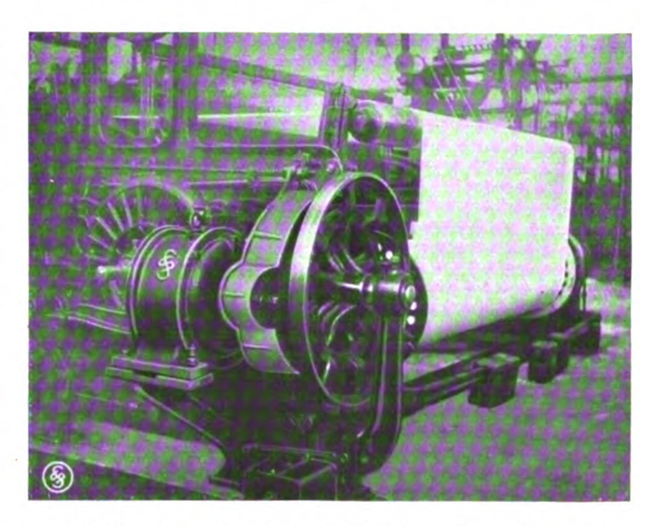


Bild 7. Indirekter Webstuhl-Zahnradeinzelantrieb.

Konkurrenzmöglichkeit erzielen wollen, wird stets der Zahnradeinzelantrieb bevorzugt. Bild 9 gibt einen Webstuhl mit Riemeneinzelantrieb wieder.

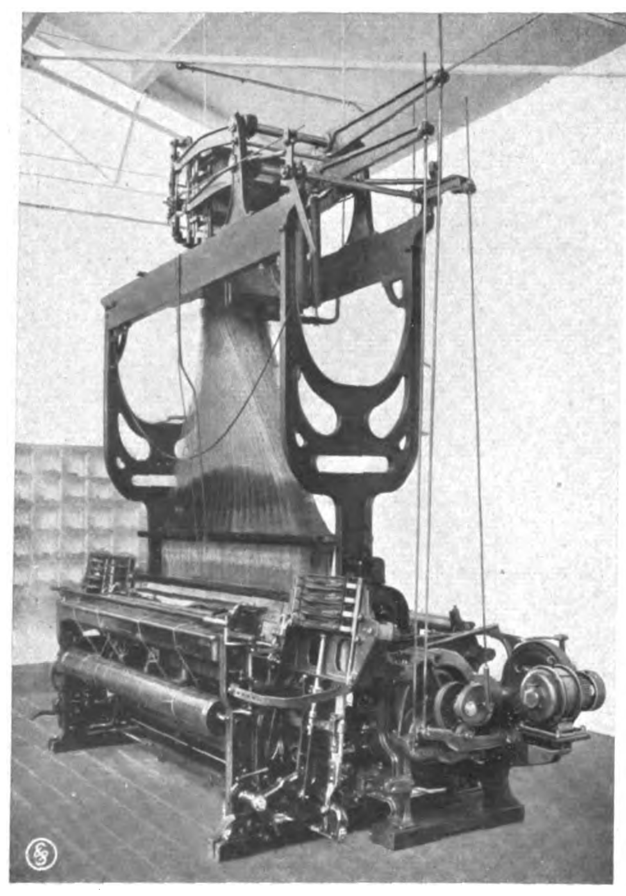


Bild 8. Indirekter Webstuhl-Zahnradeinzelantrieb.

Den großen Unterschied zwischen Einzel- und Transmissionsantrieb zeigen die Bilder 10

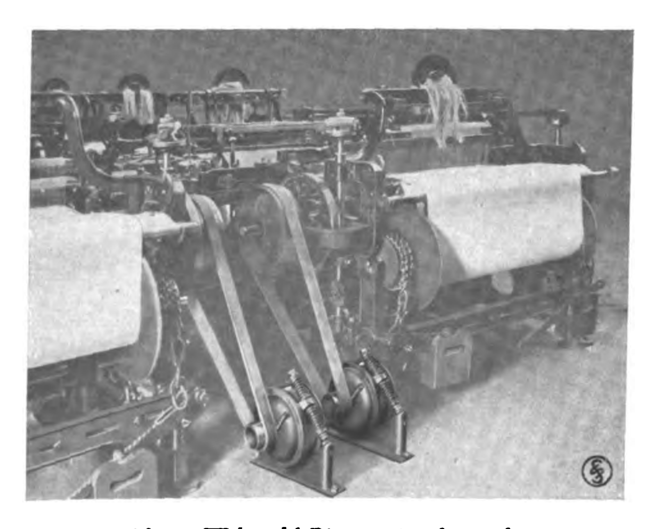


Bild 9. Webstuhl-Riemeneinzelantriebe.

und 11. Infolge Fortfalls der Riemen ist die Übersicht des Websaales wesentlich gesteigert, wodurch eine bessere, in erster Linie ruhigere



Bild 10. Websaal mit Zahnradeinzelantrieben.

Beleuchtung der Arbeitsstellen ermöglicht wird. In Bild 12 ist ein Websaal mit Jacquardstühlen ebenfalls mit Zahnradeinzelantrieben wiedergegeben.

Die bisher geschilderten Antriebe geben ein Bild darüber, welche Stufe der Entwicklung diese Antriebe erreicht haben und in welcher Art und Weise es ermöglicht wurde, die gestellten Bedingungen restlos zu erfüllen. Die neuere Zeit stellt eine neue Forderung, und zwar die eines organischen Zusammenbaues von Antrieb und Webstuhl. Da die besonderen Vorteile dieser Antriebsanordnung nicht von der Hand zu weisen sind, haben die SSW diesen Gedanken aufgegriffen und sind bestrebt, entsprechend ihrer alter Tradition, die technische Entwicklung nach Möglichkeit zu fördern, die Durchbildung dieser Antriebsart, die naturgemäß die Mitwirkung der Webstuhlfabrikanten erfordert, erfolgreich zum Abschluß zu bringen. Bild 13 zeigt den sonst für Lagerböcke verwendeten Ösenmotor, der an der Webstuhlwand mit Hilfe einer Knagge und Spindel festgeklemmt ist. Letztere ermöglicht eine bequeme Ritzelauswechslung zwecks Änderung der Schußzahl. Bei solider Lagerung der Webstuhlwelle kann das große Zahnrad mit der Rutschkupplung ohne weiteres auf der Kurbelwelle fliegend angeordnet werden. Bei einer weiteren Lagerung der Welle außerhalb des Zahnrades würde die erzielte Platzersparnis zum Teil verloren gehen. Weiter muß der Antrieb von der Kurbel- auf die Exzenterwelle auf der entgegengesetzten Seite des Hauptantriebes liegen. Dies wird sich in den meisten Fällen ausführen lassen, besonders bei

schmalen und mittelbreiten Stühlen. Bei breiter Stühlen, soweit diese für den direkten Einbau überhaupt in Betracht kommen, wird es wohl erforderlich sein, Kurbel- und Exzenterwelle zu verstärken, um Torsionsschwingungen zu vermeiden.

Durch den organischen Zusammenbau von Motor und Webstuhl erreicht man gegenüber der bisherigen Antriebsart folgende Vorteile:

1. Durch Wegfall des Bockes wird eine wesentliche Platzersparnis erzielt. Man spart also auch an Gebäude-, Beleuchtungs- und Heizungskosten.
2. Der Gesamtpreis für Webstuhl und Antrieb wird niedriger, da die erforderliche Änderung der Webstuhlwand einen geringeren Kostenaufwand bedingt, als der Preis eines Bockes, der gesondert hergestellt werden muß.
3. Wenn auch die Webstuhlwelle bei der bisherigen Ausführung im Bock nochmals gelagert wurde, konnten Schwingungsdifferenzen zwischen Webstuhl und Antrieb nicht vollkommen beseitigt werden infolge des stoßartigen Betriebes und der verschiedenen Massen von Webstuhl und Antrieb. Mit Rücksicht hierauf wurde der Bock sehr kräftig gebaut. Diese Schwingungsdifferenz wird bei Einbau des Motors in die Webstuhlwand vermieden, da der Motor in der Webstuhlwand sitzt und daher mit dieser mitschwingt. Demzufolge wird der bestmögliche Zahneingriff erreicht und hierdurch ein besserer Wirkungsgrad der Übertragung.

Diese kurze Schilderung der angeführten Webereimaschinen zeigt schon, daß die richtige Wahl, Ausführung und Bemessung des elektrischen Einzelantriebes große Erfahrungen voraussetzen. Es ist unbedingt erforderlich, die betreffenden Maschinen genau zu kennen, damit auf ihre Arbeitsweise Rücksicht genommen wird und dadurch die gestellten Bedingungen in jeder Hinsicht erfüllt werden. Die SSW haben an der Entwicklung dieser Antriebe hervorragenden Anteil genommen und sind durch die unzähligen Messungen und Beobachtungen, die im Laufe der Jahre gemacht wurden, ferner durch die gründliche Ausbildung von Spezial-Ingenieuren, denen die Erfahrungen bei Durchbildung der einzelnen Antriebe zur Verfügung stehen, in die Lage versetzt, stets nicht nur die Gewähr für ein einwandfreies Arbeiten der ausgeführten Antriebe zu übernehmen, sondern auch sicherzustellen, daß die beabsichtigte Mehrproduktion und Qualitätsverbesserung tatsächlich erzielt wird.

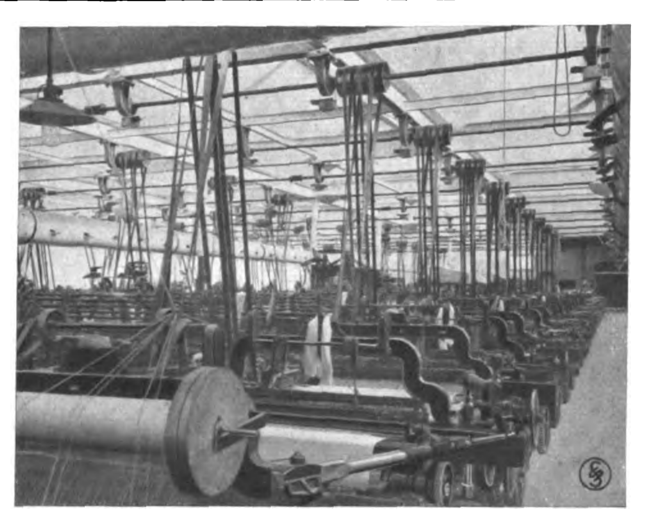


Bild 11. Websaal mit Transmissionsantrieb.



Bild 12. Jacquardstühle mit Zahnradeinzelantrieben.

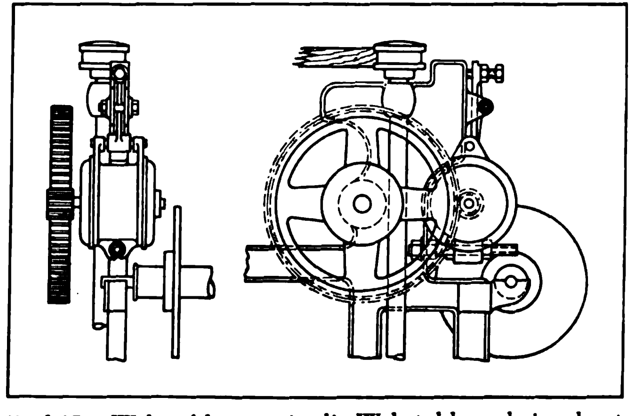


Bild 13. Webstuhlmotor, in die Webstuhlwand eingebaut.

Der elektrische Einzelantrieb von Zeugdruckmaschinen und Stoffkalandern

Von Ingenieur R. Mohr, Abteilung Industrie der SSW.

Das Rohgewebe ist in dem Zustand, in dem es den Webstuhl verläßt, im allgemeinen nicht geeignet, unmittelbar verwendet zu werden. Namentlich das als bedruckte Ware in den Handel kommende Gewebe hat vor und nach dem Druck eine Reihe von Vorbereitungs- und Veredelungsprozessen teils mechanischer, teils chemischer Natur durchzumachen. Es wird je nach Verwendungszweck und Rohstoffbeschaffenheit gesengt, geschoren, gebürstet, gerauht, merzerisiert, imprägniert, gebleicht, gewaschen, getrocknet, weiter dann bedruckt, gedämpft, kalandriert usw. Diese Arbeitsprozesse sind Aufgabe der Bleicherei, Färberei und Zeugdruckerei.

Entsprechend der großen Verschiedenheit der erwähnten Arbeitsverfahren treten hinsichtlich des elektrischen Einzelantriebes der angewendeten Maschinen die mannigfachsten Erfordernisse auf.

Am interessantesten und zugleich schwierigsten ist wohl die Durchbildung eines einwandfreien elektrischen Antriebes für Zeugdruckmaschinen. Die Anforderungen, die hier gestellt werden, sind bedingt einmal durch die Zahl der auf das Gewebe zu druckenden Farben, ferner durch die Gewebeart selbst. Die Zeugdruckmaschine ist kurz dadurch gekennzeichnet, daß um einen zentralen, mit horizontaler Welle angeordneten Druckzylinder eine Reihe von Druckwalzen angeordnet ist, deren Achsen auf einem Zylindermantel liegen. Die Zahl der Druckwalzen entspricht der Anzahl der Farben, die auf das Gewebe aufgedruckt werden sollen. Letzteres läuft zwischen dem zentralen Druckzylinder und den Druckwalzen durch die Maschine hindurch. Die Druckwalzen, die je mit einem Zahnrade versehen sind, werden durch ein in der Achse des Druckzylinders angeordnetes Zentralrad angetrieben. Der Druckzylinder selbst wird nicht mit angetrieben, sondern durch den Gegendruck der Druckwalzen mitgenommen. Wie bereits erwähnt, richtet sich die Zahl der Druckwalzen nach der Zahl der aufzudruckenden Farben und ist demgemäß bei den einzelnen Zeugdruckmaschinen verschieden groß.

Wie unmittelbar ersichtlich ist, hängt der Kraftbedarf der Zeugdruckmaschine zuerst von der Zahl der arbeitenden Druckwalzen ab. Ein zweites Moment, das den Kraftbedarf beeinflußt, ist die Eigenart des zu bedruckenden Gewebes. Durch die Gewebeart wird nämlich der Anpreßdruck der Druckwalzen gegen die Stoffbahn und damit gegen den zentralen Druckzylinder bedingt. Hieraus ergibt sich, daß bei gleicher Farbenzahl, also gleicher Zahl der arbeitenden Druckwalzen, der Kraftbedarf je nach dem zu bedruckenden Gewebe derart schwankt, daß bei gleicher Druckgeschwindigkeit, also gleicher Drehzahl des Antriebsmotors, das Antriebsdrehmoment verschieden sein kann. Mit dieser Feststellung sind noch nicht alle Bedingungen erschöpft, die an einen einwandfreien Antrieb von Zeugdruckmaschinen zu stellen sind. Die Druckgeschwindigkeit muß je nach der Zahl von in Arbeitsstellung befindlichen Druckwalzen derart verschieden sein, daß sie in einem gewissen umgekehrten Verhältnis zur Zahl der arbeitenden Druckwalzen steht. Schließlich ist zu erwähnen, daß zum Einziehen des Stoffes der Antrieb eine sehr geringe sogenannte Einziehgeschwindigkeit hervorbringen muß.

Die Erfordernisse, die an den Antrieb gestellt werden, sind demnach folgende:

1. Der Antrieb muß unter Berücksichtigung der Zahl der in Arbeitsstellung befindlichen Druckwalzen, also der Zahl der im gerade vorliegenden Falle gedruckten Farben, regelbar sein. Die Regelbarkeit während des Druckens liegt zwischen den Zahlenwerten 1 : 3 und 1 : 5.

2. Um ein gutes Beobachten des zu bedruckenden Stoffes während der Einstellung der Walzen erreichen zu können, ist es erforderlich, daß der Antrieb der Zeugdruckmaschine eine Einziehgeschwindigkeit ermöglicht, die rund $^1/_{10}$ der höchsten Druckgeschwindigkeit beträgt.

Die Arbeitsgeschwindigkeit muß von der Gewebeart bzw. vom Anpressungsdruck unabhängig gleich bleiben, die Motordrehzahl darf also auch bei variablem Belastungsdrehmoment nicht schwanken.

Für die Erreichung der variablen Druckgeschwindigkeit von 1 : 3 bis 1 : 5 und der Hilfsgeschwindigkeit von 1 : 10 der Hauptgeschwindigkeit, unabhängig von der Belastung, hat sich das von den SSW ausgearbeitete Gleichstrom-Fünfleitersystem am besten bewährt. Um dieses Antriebssystem in seinen Grundzügen kurz zu erläutern, zeigen die Bilder 1 und 2 die Schaltung einer Fünfleiteranlage. Als Stromquelle kann ein Gleichstromgenerator verwendet werden. Falls nur Drehstrom vorhanden ist, kann dieser durch einen Einankerumformer oder einen Motorgenerator in Gleichstrom umgeformt werden. Die besondere Eigenart des Fünfleitersystems besteht darin, daß die von dem Umformer bzw. einem Gleichstromgenerator abgegebene Spannung durch einen aus vier Maschinen bestehenden Ausgleichsatz in vier Teilspannungen unterteilt wird. Einen solchen Ausgleichsatz zeigt Bild 3. Die SSW benutzen für ihre Fünfleiteranlagen das Verhältnis der Teilspannungen 1 : 3 : 3 : 2. Diese Spannungsteilung ist aus Bild 1 in den Angaben: 50 V, 150 V, 150 V, 100 V unmittelbar ersichtlich. In diesem Bilde erkennt man unterhalb des mit diesen Spannungen bezeichneten Ausgleichsatzes die verschiedenen Möglichkeiten, wie die Motoren der einzelnen Zeugdruckmaschinen zwischen die Leiter des Fünfleitersystems nacheinander geschaltet werden können. Aus den Tafelwerten der Motorspannung ersieht man diejenigen Spannungen, an die bei den verschiedenen Schaltungen die Motoren gelegt sind. Man hat es also beim Fünfleitersystem mit einer ausgesprochenen Spannungsregelung zu tun. Wie Bild 1 zeigt, werden durch dieses System neun verschiedene Geschwindigkeitsstufen erzielt. Da nun der Spannungsabfall in den unteren Geschwindigkeitsstufen verhältnismäßig größer ist als in den oberen, erreicht man einen Gesamtregelbereich von 1 : 10. Die vier schnell laufenden Gleichstrommaschinen des Ausgleichsatzes fallen sehr klein aus, da durch die einzelnen Maschinen nur ein kleiner Bruchteil der Gesamtenergie hindurchgeht.

Die vier Teilspannungen kann man auch so erzeugen, daß die vier erwähnten Maschinen des Ausgleichsatzes durch einen Drehstrommotor unmittelbar angetrieben werden. In diesem Falle wird die Gesamtenergie der Fünfleiteranlage von den vier Gleichstrommaschinen hervorgebracht.

Geschwindigkeitsstufe	Dynamo-Maschine	Motor-Spannung
1	I	50 V →
2	IV	100 " →
3	III	150 " →
4	I + II	200 " →
5	III + IV	250 " →
6	II + III	300 " →
7	I + II + III	350 " →
8	II + III + IV	400 " →
9	I + II + III + IV	450 " →

Bild 1. Schematische Darstellung des Fünfleitersystems.

Man hat also hier vier eigentliche Gleichstromgeneratoren, die naturgemäß, weil sie die Gesamtleistung aufbringen müssen, größer ausfallen, als die Maschinen des vorher beschriebenen Ausgleichsatzes. Im zuletzt beschriebenen Falle ist es nicht erforderlich, eine besondere Gleichstromquelle, beispielsweise einen Einankerumformer, vorzusehen. Die vorteilhafteste Art der Herstellung der verschiedenen Spannungen des Fünfleiternetzes muß von Fall zu Fall, je nach den örtlichen Verhältnissen, festgestellt werden.

Es können bei Ausführung eines Fünfleiternetzes für Zeugdruckereien außer den Druckmaschinen und Stoffkalandern auch die Antriebsmotoren

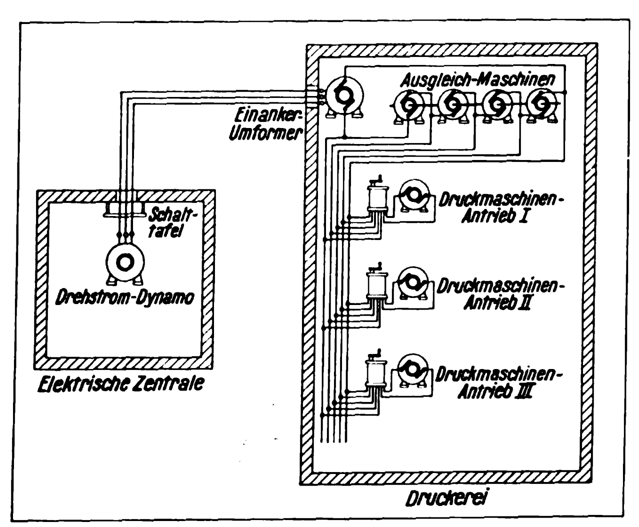


Bild 2. Das Fünfleitersystem bei vorhandener Drehstromzentrale.

sämtlicher übrigen Arbeitsmaschinen an das Fünfleiternetz gelegt werden. Hieraus ist zu ersehen, daß es bei Anwendung dieses Systems außer-

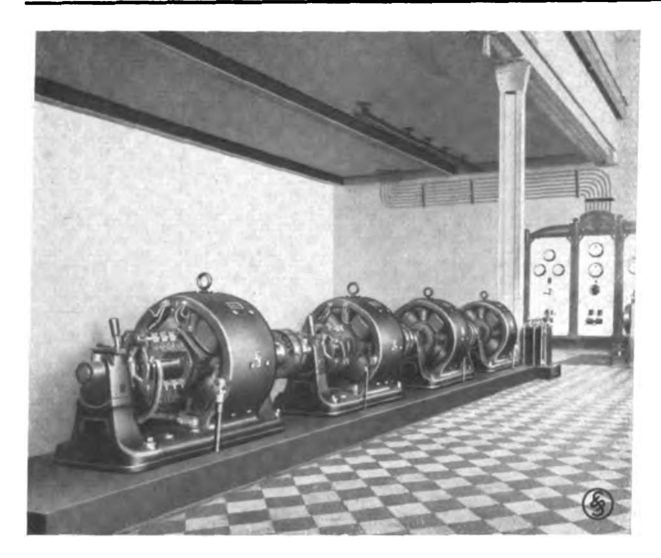


Bild 3. Ausgleichsatz einer Fünfleiteranlage.

ordentlich einfach ist, die für sämtliche Arbeitsprozesse der Zeugdruckerei erforderlichen Maschinen regelbar anzutreiben.

Die Antriebe werden mittels der Fünfleiterwalze gesteuert, die so eingerichtet ist, daß zu jeder Schaltung einer Spannungsstufe eine volle Umdrehung der Bedienungskurbel erforderlich ist, einmal um das langsame Anlaufen der Zeugdruckmaschine unabhängig von der Aufmerksamkeit des Personals zu gewährleisten,

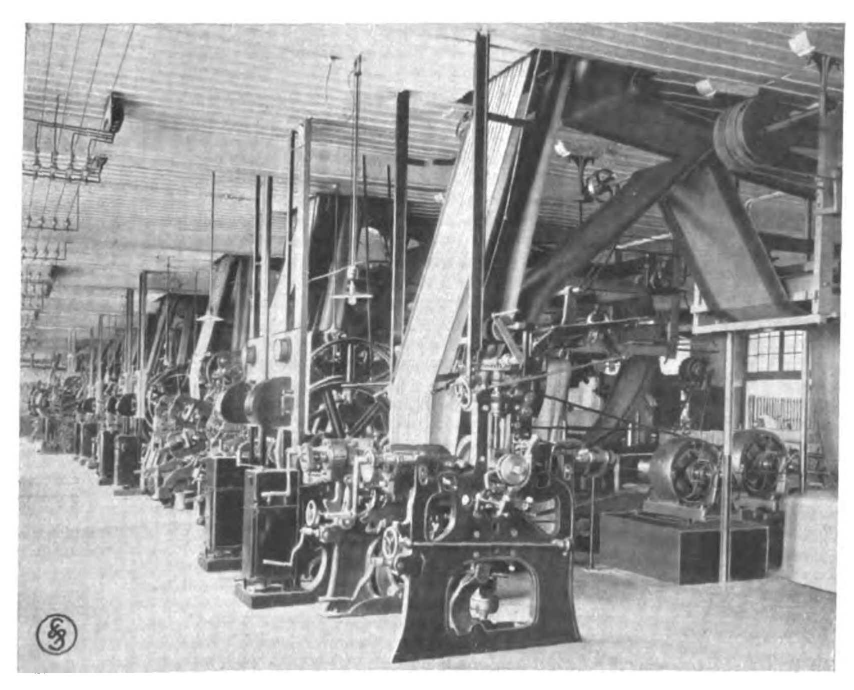


Bild 4. Zeugdruckmaschinen mit von einem Fünfleiternetz gespeisten Antriebsmotoren (Riemenantrieb).

ferner um zu verhindern, daß durch unbeabsichtigtes Herumdrehen der Kurbel der Motor ganz plötzlich an die volle Spannung gelegt wird. Da ein Stillsetzen des Antriebes mittels der Anlaßwalze infolge der oben beschriebenen Einrichtung nicht plötzlich erfolgen könnte (man müßte z. B., wenn der Motor betriebsmäßig an der Spannungsstufe 6 liegt, die Kurbel erst sechsmal herumdrehen, um den Motor abzuschalten), wird der Antrieb mit einem zweipoligen Schütz ausgerüstet, das einpolig den Anker und einpolig das Feld abschaltet und dadurch den Motor stillsetzt. Dieser Schütz kann durch an beliebigen Stellen der Maschine angeordnete Druckknöpfe betätigt werden. Die Schaltung ist als die bekannte Sicherheitsschaltung durchgebildet.

Die Antriebsmotoren selbst sind vollkommen normal.

Bild 4 zeigt eine Reihe Zeugdruckmaschinen, deren Antriebsmotoren von einer Fünfleiteranlage gespeist werden. Vor den Maschinen stehen die mit Handkurbeln ausgerüsteten Steuerwalzen. Im vorliegenden Falle werden die Zeugdruckmaschinen durch Riemen angetrieben.

Einen Zahnradantrieb einer Zeugdruckmaschine zeigt Bild 5. In diesem Falle wurden Pfeilräder angewendet, um einen möglichst ruhigen Lauf der Antriebsräder zu erzielen. Auch hier ist die Steuerwalze im Vordergrunde deutlich zu erkennen. Bei Bild 5 ist zu erwähnen, daß es sich hier um eine sogenannte Duplex-Druckmaschine handelt. Die Zeugdruckmaschine ist infolge der besonderen Anordnung der Druckwalzen nur in der Lage, das Tuch einseitig zu bedrucken. Um einen doppelseitigen Druck zu erzielen, ordnet man deshalb, wie Bild 5 deutlich erkennen läßt, eine Maschine mit 2 Satz Druckzylindern und Druckwalzen an, in denen jede Seite des Gewebes nacheinander für sich bedruckt wird.

Das Fünfleitersystem für den Antrieb von Zeugdruckmaschinen ist wirtschaftlich nur gerecht-

fertigt, wenn wenigstens 4 bis 5 Zeugdruckmaschinen anzutreiben sind. Bei geringerer Anzahl werden die auf den einzelnen Antrieb entfallenden Kosten für die Umformung zu groß.

In diesem Falle kann man auf verschiedene andere Arten einen einwandfreien Antrieb von Zeugdruckmaschinen erzielen. Steht in der Anlage Gleichstrom zur Verfügung, so verwendet man am zweckmäßigsten den im Verhältnis 1:3 durch Feldänderung regelbaren Nebenschlußmotor, dessen Drehzahl von der Belastung praktisch unabhängig ist, der also den oben näher gekennzeichneten Betriebsbedingungen bestens entspricht. Zur Erweiterung des Regelbereichs nach unten kommt eine 50- bis 60 prozentige Hauptstromregelung hinzu. Der hierdurch erreichte Regelbereich von etwa 1:6 würde es nun im Gegensatz zum oben beschriebenen Fünfleitersystem nicht gestatten, mit der Einziehgeschwindigkeit so weit wie im letzteren Falle herunter zu gehen. Um, falls erforderlich, die beim Fünfleitersystem ohne weiteres erreichbare Einziehgeschwindigkeit von $^{1}/_{10}$ der größten Druckgeschwindigkeit zu erhalten, kann man von dem weiter unten bei Kalanderantrieben beschriebenen Hilfsantrieb Gebrauch machen.

Steht bei geringer Zahl von Druckmaschinen nur Drehstrom zur Verfügung, so ist der im Verhältnis 1:3 durch Bürstenverstellung regelbare Drehstrom-Nebenschlußmotor der zum Antrieb geeignetste Motor. Er hat Nebenschlußcharakteristik, und die Drehzahl ist somit unabhängig von der Belastung. Für vorübergehende Erweiterung des Regelbereiches nach unten und zum langsamen Anlassen sind Widerstände im Ständerkreise erforderlich. Auch bei Verwendung von Drehstrom-Nebenschlußmotoren ist zur Erzielung eines einwandfreien Einziehens der weiter unten beschriebene Hilfsantrieb empfehlenswert. Der regelbare Drehstrom-Nebenschlußmotor kann in Deutschland nur von den SSW geliefert werden.

Einen Antrieb einer Achtfarben-Zeugdruckmaschine durch einen Drehstrom-Nebenschlußmotor mit Schneckengetriebe zeigt Bild 6. Bild 7 zeigt einen anderen Antrieb einer Achtfarben-

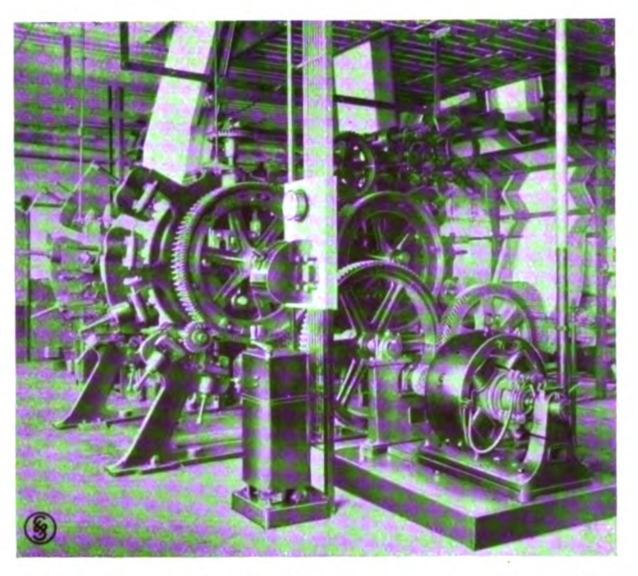


Bild 5. Duplex-Zeugdruckmaschine mit von einem Fünfleiternetz gespeistem Antriebsmotor (Zahnradantrieb).

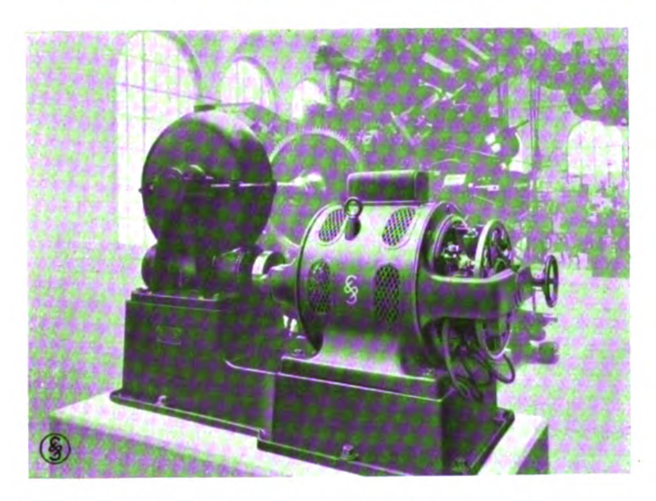


Bild 6. Achtfarben-Zeugdruckmaschine, angetrieben durch Drehstrom-Nebenschlußmotor mit Schneckengetriebe.

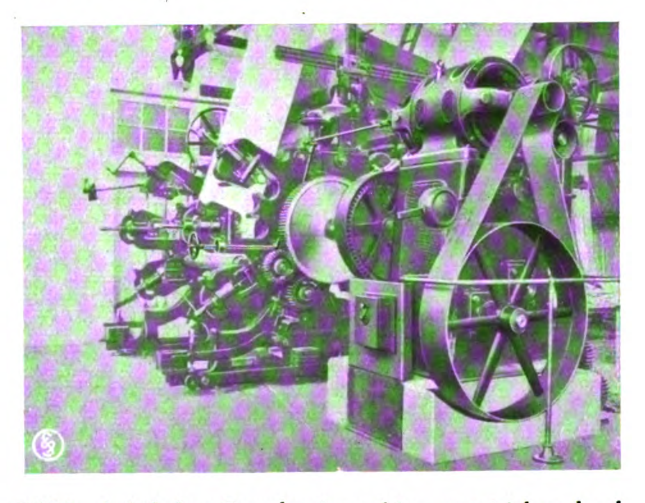


Bild 7. Achtfarben-Zeugdruckmaschine, angetrieben durch Drehstrom-Nebenschlußmotor mit Riemen und Spannrolle.

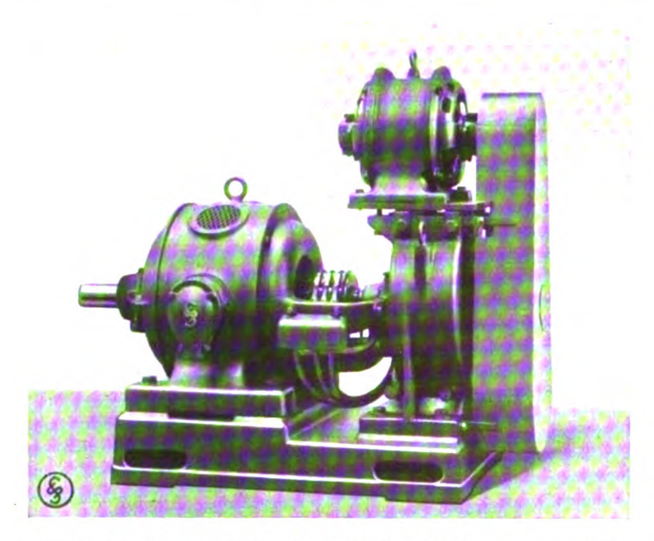


Bild 8. Drehstrom-Kalanderantrieb mit Haupt- und Hilfsmotor, Reduktionsgetriebe und Überholungskupplung.

Zeugdruckmaschine, gleichfalls unter Verwendung eines Drehstrom-Nebenschlußmotors. Der Antrieb geschieht hier durch einen Riemen mit Spannrolle.

In Druckereien, in denen es der Geschäfts- bzw. Betriebsführung gelingt, die vorhandenen Zeugdruckmaschinen stets mit der größten Walzenzahl in Betrieb zu halten, in denen es also z. B. nicht verlangt wird, daß eine Achtfarbenmaschine zeitweise mit zwei oder drei Farben laufen soll, wird man unter Umständen Drehstrom-Reihenschlußmotoren verwenden können, also Motoren, bei denen die Drehzahl von der Belastung abhängig ist. Bevor man sich für die Verwendung dieser Motoren entscheidet, wird es stets unbedingt erforderlich sein, nachzuprüfen, ob die oben erwähnte Bedingung erfüllt ist, d. h. ob die Regelung der Antriebsmotoren bei gleichbleibendem Drehmoment gefordert wird.

Die Anschaffungskosten eines Antriebes mit Drehstrom-Nebenschlußmotor und Hilfsgetriebe werden für vielfarbige Zeugdruckmaschinen infolge des hohen Preises der großen Nebenschlußmotoren unter Umständen höher als diejenigen eines Antriebes nach dem Leonardsystem oder unter Anwendung der sogenannten Zu- und Gegenschaltung. In solchen Fällen kann es, wenn nur wenige Druckmaschinen anzutreiben sind, unter Umständen zweckmäßig erscheinen, von den zuletzt beschriebenen Antriebsarten Gebrauch zu machen. Beide haben den großen Vorteil einer weitgehenden Regelbarkeit.

Der Asynchronmotor gewöhnlicher Bauart ist zum Antrieb von Zeugdruckmaschinen kaum geeignet. Die dauernde umfangreiche Widerstandsregelung würde ganz erhebliche Energieverluste verursachen, die gleichbedeutend mit hohen Betriebskosten sind. Andererseits würde sich die Druckgeschwindigkeit bei den durch Änderung des Walzendruckes usw. herbeigeführten Belastungsänderungen dauernd mitändern, was ebenfalls unzulässig ist.

Die Anforderungen, die an den Antrieb von Kalandern für Zeugdruckereien gestellt werden, sind wesentlich einfacher als bei Zeugdruckmaschinen. So kommt z. B. eine weitgehende Drehzahlregelung der Arbeitsgeschwindigkeit, wie sie bei Zeugdruckmaschinen unbedingt erforderlich ist, kaum in Frage. In besonderen Fällen ist es sogar möglich, z. B. bei Verarbeitung nur gleicher Warengattungen, im Dauerbetriebe mit einer Kalandriergeschwindigkeit auszukommen. Um diesen Betriebsbedingungen zu genügen, kann in Drehstromanlagen ein Drehstrom-Asynchronmotor vorgesehen werden, während für Gleichstromanlagen der Gleichstrom-Nebenschlußmotor in Frage kommt. Wird eine Regelbarkeit während des Dauerbetriebes verlangt, so kann diese im letzteren Falle durch Nebenschlußregler erzielt werden, während bei Drehstromanlagen der Asynchronmotor mit Läuferregelung am Platze ist. Ebenso wie bei Zeugdruckmaschinen ist es jedoch auch bei Kalandern erforderlich, dafür zu sorgen, daß für das Einziehen des Stoffes eine Hilfsgeschwindigkeit zur Verfügung steht, die etwa $^1/_{10}$ der Höchstgeschwindigkeit betragen soll. Um diesen Zweck zu erreichen, haben die SSW einen Hilfsantrieb ausgebildet, der sich im Betriebe bestens bewährt hat. Bild 8 zeigt einen Kalanderantriebsmotor (in diesem Falle einen Drehstrom-Schleifringläufermotor), der mit dem Hilfsantrieb auf einer gemeinsamen Grundplatte angeordnet ist. Der Hilfsantrieb besteht aus einem kleinen, schnell laufenden Hilfsmotor, bei Gleichstromanlagen einem Kompoundmotor mit festem Vorschaltwiderstand, bei Drehstromantrieben einem Kurzschlußläufermotor, der über ein Zahnradvorgelege mit eingebauter selbsttätiger Überholungskupplung auf die Welle des Hauptmotors treibt (vgl. Bild 8). Das Vorgelege mit einem Übersetzungsverhältnis 1:5 befindet

sich in einem gußeisernen Gehäuse, auf das der Hilfsmotor aufgebaut ist. Durch entsprechende Bemessung der Hilfsmotorscheibe kann man das gewünschte Gesamtübersetzungsverhältnis bis etwa 1 : 15 je nach der Drehzahl des Motors herstellen.

Die Steuerung der Antriebe mit Hilfsmotor ist halbautomatisch, d. h. der Hilfsmotor wird durch Druckknopfbetätigung, der Hauptmotor von Hand mittels Anlaßwalze gesteuert. Um die Schaltung möglichst einfach zu gestalten und an Schützen zu sparen, werden bei Gleichstromantrieben Haupt- und Hilfsmotor hintereinander geschaltet (D. R. P. a.), so daß zur selbsttätigen Ein- und Ausschaltung beider Motoren nur ein gemeinsames Schütz erforderlich ist. Für die Steuerung des Hilfsmotors werden eine oder mehrere kleine, an geeigneten Stellen der Maschine anzubringende Steuertafeln mit einem Schalter „Sicher" und drei Druckknöpfen „Vorrücken", „Einziehen", „Halt" benutzt. Der Schalter „Sicher" dient zur Sperrung des elektrischen Antriebes bei an der Maschine vorzunehmenden Arbeiten. Der Druckknopf „Vorrücken" hat den Zweck, die Kalanderwalzen durch den Hilfsmotor millimeterweise verstellen zu können. Er schaltet das Schütz ein, solange er niedergedrückt wird. Der Knopf „Einziehen" dient zur dauernden Einstellung der Hilfsgeschwindigkeit. Bei seiner Betätigung wird das Schütz über ein Relais auch nach Freigabe des Druckknopfes dauernd im Einschaltzustand erhalten. Der Hauptmotor läuft bei Betätigung dieser Druckknöpfe nicht an, da er bei der verhältnismäßig geringen Stromaufnahme des Hilfsmotors ein nennenswertes Drehmoment nicht entwickeln kann. Der Druckknopf „Halt" dient zum Abstellen der Maschine durch Abschaltung der Motoren. Beim Anlassen des Antriebes mittels der Anlaßwalze läuft ebenfalls zunächst der Hilfsmotor an, nachdem das Schütz den Motorstromkreis geschlossen hat, und setzt die Maschine langsam in Bewegung. Ist das geschehen, und die Walze wird weitergedreht, so läuft der Hauptmotor an, überholt den Hilfsmotor, dieser wird in der Anlaßwalze abgeschaltet, und nun beginnt die Drehzahlregelung des Hauptmotors.

Bei Drehstromantrieben mit Asynchronmotoren liegt der Ständer des Hilfsmotors in Kaskade an den Schleifringen des Hauptmotors. Die Wirkungsweise der Druckknopfsteuerung des Hilfsmotors ist die gleiche wie beim Gleichstromantrieb. Auch die Vorgänge beim Anlassen des Hauptmotors spielen sich in derselben Reihenfolge ab, wie oben angedeutet wurde. Der Hilfsmotor wird für die Schleifringspannung des Hauptmotors gewickelt.

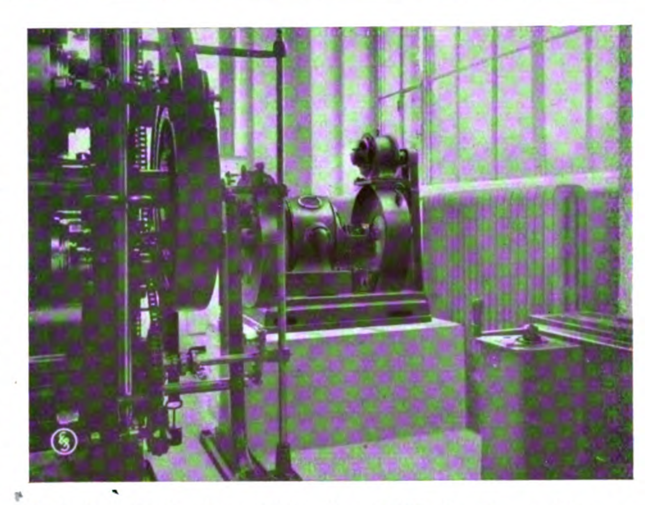


Bild 9. Kalanderantrieb in SSW-Sonderausführung, angebaut an einen Universal-Sechswalzen-Kalander.

Wie bereits zum Ausdruck gebracht, kann von dem für Kalander vorgesehenen Hilfsantrieb nach Bild 8 auch bei solchen Zeugdruckmaschinen mit Vorteil Gebrauch gemacht werden, bei denen nicht ein Fünfleitersystem, sondern für jede Zeugdruckmaschine ein besonderer Gleichstrom-Nebenschluß- oder Drehstrom-Kollektormotor vorgesehen wird. Bei der Anwendung des Leonardsystems bzw. der Zu- und Gegenschaltung für den Antrieb von Zeugdruckmaschinen erübrigt sich natürlich wegen der großen Regelbarkeit die Anwendung des oben beschriebenen Hilfsantriebes.

Bild 9 zeigt den Antrieb eines Universal-Sechswalzenkalanders, der aus Haupt- und Hilfsmotor mit dem Reduktions- und Überholungsgetriebe besteht. Die Ausführung des Antriebs entspricht derjenigen nach Bild 8.

Für den Antrieb von Zeugdruckmaschinen und Stoffkalandern ergibt sich gemäß den obigen Ausführungen folgendes:

1. Soll eine größere Zahl von Zeugdruckmaschinen und Kalandern, und zwar mehr als 4—5 Stück, elektrisch angetrieben werden, so ist der Antrieb nach dem Fünfleitersystem als die vorteilhafteste Lösung anzusehen, und zwar sowohl in bezug auf die Anschaffungs- als auch auf die Betriebskosten.

2. Sind nur einzelne Zeugdruckmaschinen mit elektrischem Antrieb auszurüsten, so hat man die Wahl zwischen durch Feldänderung regelbaren Gleichstrommotoren, durch Bürstenverschiebung regelbaren Drehstrom-Nebenschlußmotoren, Leonardantrieb oder Zu- und Gegenschaltung. In den ersten beiden Fällen wird mit Vorteil der in Bild 8 dargestellte Hilfsantrieb angewendet.

3. Für den Antrieb einzelner Kalander kommen regelbare Gleichstrommotoren mit Hilfsantrieb oder Drehstrom-Asynchronmotoren mit Hilfsantrieb in Betracht.

4. Die Verwendung des Fünfleitersystems hat für Zeugdruckereien den bedeutenden Vorteil, neben den Zeugdruckmaschinen und Stoffkalandern auch die übrigen Arbeitsmaschinen mit sehr einfachen Mitteln regelbar antreiben zu können.

Elektrische Einzelantriebe für Wirk- und Strickmaschinen mit Minderung

Von Oberingenieur Rodger, Siemens-Schuckert (Manchester)
und Dipl.-Ing. Ortmann, Siemens-Schuckertwerke, Techn. Büro Chemnitz.

Vorgänge an seinen Arbeitsmaschinen, bei denen die Breite der herzustellenden Ware geändert wird oder in denen gewisse Warenmusterungen hergestellt werden, bezeichnet der Wirker und Stricker als „Mindern" oder „Decken"; Maschinen, bei denen diese Arbeiten möglich sind, werden „Maschinen mit Minderung" genannt. Ihre hauptsächlichsten Vertreter, soweit sie in flacher Bauart ausgeführt werden, sind die Cottonmaschine und die Minder-Strickmaschine. Die Cottonmaschine ist mit Spitzennadeln, die Minder-Strickmaschine ist mit Zungennadeln ausgerüstet. Beide stellen Kulierware her.

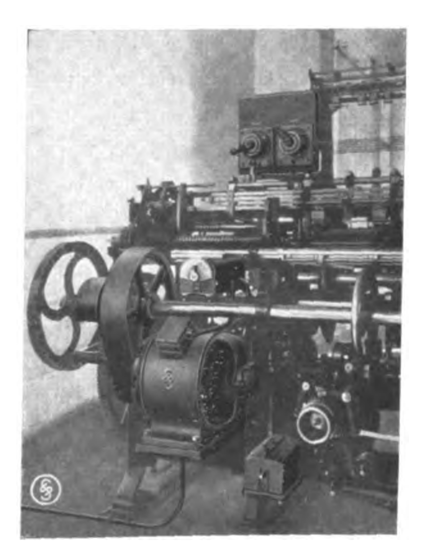


Bild 1. Cottonmaschine, angetrieben durch Gleichstrom-Doppelreglerantrieb (D.R.P. und Auslandspatente).

Die Verwickeltheit des Arbeitsvorganges gestattet es nicht, beim Mindern über eine bestimmte, jeder Maschine eigentümliche Höchstgeschwindigkeit zu gehen. Das Mindern selbst kann sich bei dem einzelnen Warenstück je nach Umständen außerordentlich häufig wiederholen. Auf eine Mindermaschenreihe folgen gewöhnlich mehrere Reihen, bei denen nicht gemindert wird. Das jedesmalige Mindern dauert bei raschlaufenden Maschinen oft nur Sekunden. Die Unmöglichkeit plötzlicher kurzzeitiger Geschwindigkeitsänderung bei dem früher üblichen, jetzt immer mehr verschwindenden Transmissionsantrieb der Wirkstühle zwingt daher während einer ganzen Minderperiode, also des Zeitraumes, innerhalb dessen Minderreihen vorkommen, nur mit der für diese Reihen zulässigen Höchstgeschwindigkeit zu arbeiten, ohne Rücksicht auf die dazwischenliegenden Zeiten des Glattarbeitens. Dadurch entsteht ein Erzeugungsausfall, weil es natürlich möglich wäre, zwischen den einzelnen Minderreihen mit höherer Geschwindigkeit zu wirken. In dem Bestreben, diesen Erzeugungsausfall möglichst zu verringern, wählt man dann vielfach die Maschinengeschwindigkeit während der Minderperiode zu hoch, so daß durch Fadenbrüche, Nadelbrüche u. dgl. die Güte der Ware und das ordnungsmäßige Arbeiten der Maschine beeinträchtigt wird.

Erst der zweckmäßig ausgebildete elektrische Einzelantrieb ermöglicht die volle Ausnutzung der Wirk- und Strickmaschinen. Die SSW waren die ersten, die nach genauem Studium der bis dahin wenig erforschten und schwierigen Arbeitsbedingungen der Cottonmaschinen in einem Patent vom Jahre 1913 einen elektrischen Antrieb für Wirkmaschinen bekanntgaben, der bereits alle Hauptfragen löste. Dieser sogenannte „Doppelreglerantrieb", der für Gleichstrom, Zwei- und Dreiphasen-Wechselstrom gebaut wird, ist inzwischen an Tausenden von Maschinen im In- und Auslande ausgeführt, so daß man ihn bei den meisten Wirkern als

bekannt voraussetzen und auf seine Beschreibung verzichten kann. Bild 1 zeigt die Anordnung eines derartigen Antriebes an einer Cottonmaschine.

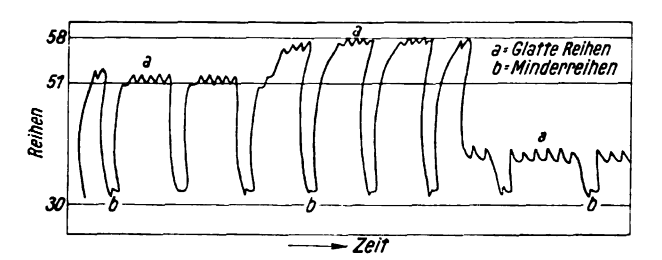
Dieser Antrieb brachte nach dem damaligen Stande der Technik, neben den bekannten Vorzügen des elektrischen Zahnrad-Einzelantriebes an sich, bereits drei wesentliche Sondervorteile:

1. Die Gleichartigkeit der Bedienung wie bei dem bis dahin üblichen Riemenantrieb erleichterte den Wirkern den Übergang zu der neuen Antriebsart.

2. Durch den Doppelregler war es möglich, die auch beim Riemenantrieb üblichen 2 feststehenden Arbeitsgeschwindigkeiten (eine hohe und eine niedrige) nicht nur beizubehalten, sondern auch in ihrer Größe einstellbar zu machen, so daß die Güte und Erzeugungsmenge der Ware durch Anpassung der Geschwindigkeiten an Garnstärke, Garnqualität und Geschicklichkeit des Personals gesteigert wurde. Während beim Riemenantrieb die niedrigste Arbeitsgeschwindigkeit der Geschwindigkeit beim Mindern entspricht, lag beim elektrischen Antrieb die zweite Arbeitsgeschwindigkeit höher als die Mindergeschwindigkeit, wurde also neu eingeführt.

3. Die Mindergeschwindigkeit selbst wurde durch einen vom Deckapparat der Wirkmaschine aus angetriebenen Minderschalter selbsttätig und gleichzeitig im Bedarfsfalle eingestellt und wieder aufgehoben, gleichgültig, mit welcher Wirkgeschwindigkeit gerade gearbeitet wurde. Dadurch war es möglich, die Minderreihen mit besonders niedriger, die dazwischen liegenden glatten Reihen mit hoher Geschwindigkeit zu wirken und dadurch Güte und Erzeugungsmenge der Ware bei größter Schonung der Arbeitsmaschine ebenfalls zu steigern.

Bild 2 zeigt mit einem Funkeninstrument aufgenommene Geschwindigkeits-Schaubilder einer mit einem solchen Gleichstromantrieb versehenen Cottonmaschine, aus denen deutlich der schnelle und gleichmäßige Drehzahlabfall beim Mindern erkennbar ist. Die kleinen Zacken in den wagerechten Teilen der Kurve entsprechen den einzelnen Reihen; die leichte Krümmung der senkrechten Linien folgt aus der Bewegung des Schreibstiftes, der bei der Aufnahme um einen festen Punkt schwingt, während das



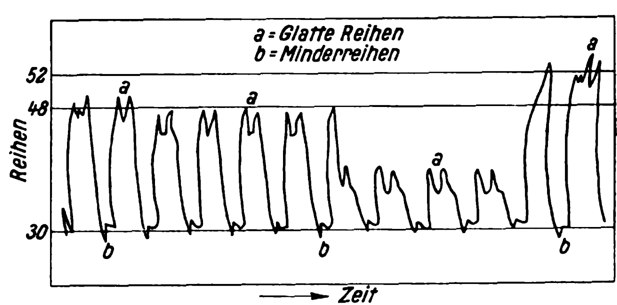


Bild 2. Geschwindigkeits-Schaubilder einer Cottonmaschine mit Gleichstrom-Doppelreglerantrieb.

Schreibpapier umgekehrt zur Zeitrichtung vorrückt.

Die wertvollen Betriebserfahrungen mit der neuen Antriebsweise und die Anregungen, die aus den Kreisen der praktischen Wirker an die SSW gelangten, führten zu weiterer Vervollkommnung des elektrischen Einzelantriebes. So erwies sich z. B. die beim Doppelreglerantrieb angestrebte Gleichartigkeit der Bedienungsweise mit dem umständlichen Transmissionsantrieb im Laufe der Zeit als überflüssig, da die Arbeiterschaft sich an den elektrischen Antrieb außerordentlich rasch gewöhnt hat. Bei den neuesten Ausführungen der SSW, den sogenannten „Universal-Antrieben“, ist daher eine Bedienungsweise gewählt, die dem Arbeiter größere Möglichkeiten für die Ausnutzung der Arbeitsmaschine bietet. Bei der früheren Anordnung mußte sich der Wirker und Stricker zur Einstellung der günstigsten oder gerade erforderlichen Reihenzahl erst zu dem an einem Ende der oft sehr langen Arbeitsmaschine angebrachten Doppelregler begeben. Jetzt kann er unmittelbar von jeder Fontur oder jedem Arbeitskopf aus die verlangte Geschwindigkeit einstellen und außerdem, wie bisher, die Maschine stillsetzen oder wieder anlassen. Die Beobachtung des Maschenbildungsvorganges braucht also keinen Augenblick unterbrochen zu werden, namentlich nicht beim Einarbeiten der Maschine. Zeitersparnis und Erzeugungssteigerung, Vermeidung

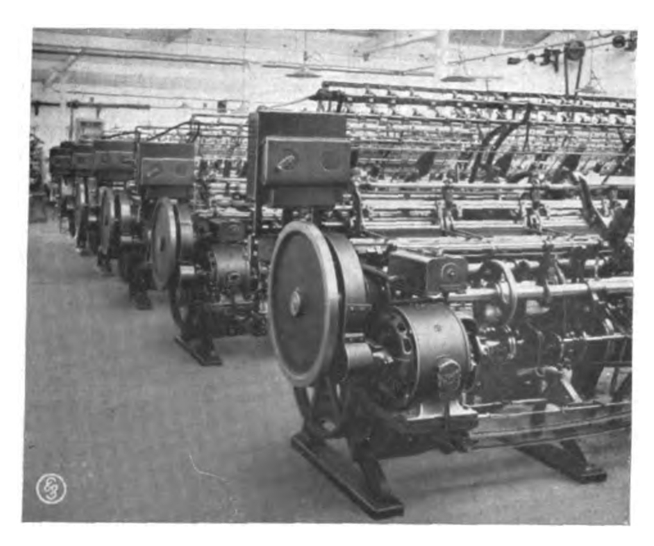


Bild 3. Cottonmaschine, angetrieben durch Gleichstrom-Universalantrieb (D.R.P. und Auslandspatente).

von Wirkfehlern, Schonung der Arbeitskräfte und Erhöhung ihrer Leistungsfähigkeit sind die Folgen hiervon. Die neue Antriebsanordnung ist in Bild 3 wiedergegeben, und zwar ist zum Vergleiche mit Bild 1 ebenfalls ein Antrieb für Gleichstrom dargestellt. Die auf dem Widerstand angebrachte Kurbel dient in diesem besonderen Falle zur Veränderung der von der Wirkmaschine selbsttätig eingestellten Mindergeschwindigkeit, wie dies aus dem in Bild 4 gezeigten Funkendiagramm ersichtlich ist.

Die Motoren der SSW-Gleichstromantriebe wurden bereits verhältnismäßig früh so ausgeführt, daß sie beim Mindern Strom (Energie) ans Netz zurücklieferten. Bild 5 zeigt z. B. ein mit Funkenschreiber aufgenommenes Verbrauchsdiagramm eines Gleichstromantriebes während des Minderns einer Cottonmaschine. Wie ersichtlich, fällt die Verbrauchslinie im Augenblick des Minderns steil ab und geht durch die Nullinie hindurch. Das bedeutet, daß in diesem Augenblick nicht nur keine Energie (Strom) entnommen wird, sondern daß sich die Stromrichtung umkehrt und Energie (Strom) vom Motor ans Netz zurückgegeben wird. Die beim jedesmaligen Mindern zurückgewonnene Energie wird durch die schraffierten Flächen dargestellt, und um diese Beträge vermindert sich natürlich die gesamte Energieaufnahme des Motors während des Arbeitsvorgangs. Der Vorteil eines solchen Verhaltens in bezug auf Stromersparnis wird besonders klar, wenn man berücksichtigt, daß das Mindern bei stark gemusterten Gewirken, bei Unterhosen u. dgl., einen großen Teil der gesamten Herstellungszeit ausmacht.

Anders wie bei den Gleichstromantrieben war es bei den früheren Wechselstrom- und Drehstromantrieben, da hier die Möglichkeit einer Energierückgewinnung nicht bestand. Die SSW haben jetzt nach eingehenden Versuchen neue Wirkmaschinen-Motoren für Wechselstrom und Drehstrom („Polumschaltbare Sondermotoren") auf den Markt gebracht, die sich im praktischen Betriebe vorzüglich bewährt haben. Diese regelbaren Sondermotoren zeichnen sich ebenso wie die Gleichstrommotoren durch besonders günstige Energieverhältnisse beim Mindern aus, da sie dabei je nach Umständen entweder keine Energie aufnehmen oder Energie ans Netz zurückgeben. Der große Vorzug der neuen Motoren liegt jedoch nicht nur in der geschilderten Eigenschaft, sondern ebenso wie

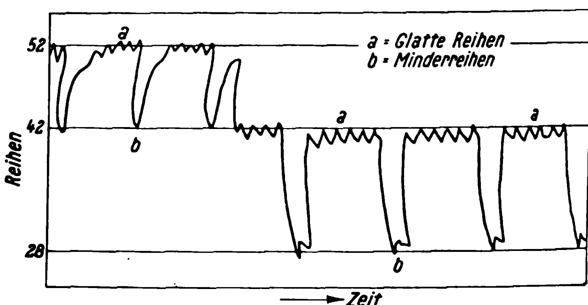


Bild 4. Geschwindigkeits-Schaubild einer Cottonmaschine mit Gleichstrom-Universalantrieb.

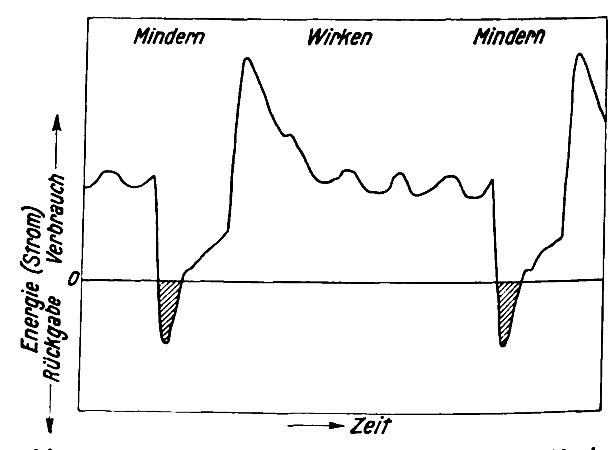


Bild 5. Energie- (Strom-) Verbrauch eines SSW-Gleichstromantriebes während der Minderperiode einer Cottonmaschine.

bei den Gleichstrommotoren auch darin, daß die mit ihnen ausgerüsteten Wirkmaschinenantriebe („Polumschaltbare Universalantriebe")

ein ideal gutes Mindern gestatten. Wie genau das Mindern bei diesen Antrieben vor sich geht, kann man aus dem in Bild 6 wiedergegebenen, mit einem Oszillographen an einem solchen Antrieb aufgenommenen Schaubild ersehen. Die obere Kurve stellt den Drehzahlverlauf für einen Mindervorgang dar. Gleichzeitig mit dieser Kurve wurde als Zeitmaßstab die unten gezeichnete Stromkurve aufgenommen.

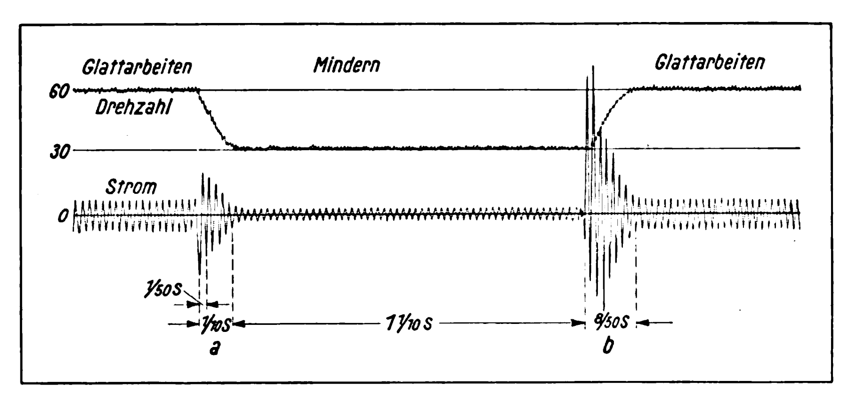


Bild 6. Drehzahlverlauf und Stromkurve für einen Mindervorgang bei einem „polumschaltbaren Drehstrom-Universalantrieb".

Da es sich um Drehstrom von 50 Perioden handelt, entspricht eine volle Welle der Stromkurve, wie im Bild angedeutet, dem Zeitraum von $^1/_{50}$ Sekunde. Der Abfall der Drehzahl beim Beginn des Minderns dauert somit nur $^5/_{50} = {}^1/_{10}$ Sekunden, und der Anstieg auf die alte Drehzahl erfolgt fast ebenso schnell.

Erläuternd sei noch zu Bild 6 bemerkt, daß die Stromspitzen in der Stromkurve des Oszillogrammes an der Stelle a nicht etwa erhöhten Stromverbrauch bedeuten, sondern den beträchtlichen, an das Netz zurückgelieferten Strom angeben. Dagegen geben natürlich die Stromspitzen an der Stelle b den vermehrten Stromverbrauch an, wie er beim Wiederanlauf jeder Maschine aus der verminderten Drehzahl heraus naturgemäß infolge der Beschleunigungsarbeit auftritt; er läßt sich selbstverständlich nicht vermeiden.

Zum Vergleich mit Bild 6 ist noch im Bild 7 das Geschwindigkeitsschaubild eines anderen Antriebes der gleichen Art während einer längeren Minderperiode einer Cottonmaschine gezeigt. An Hand der eingetragenen Zeitsekunden kann man den schnellen Drehzahlabfall beim Mindern feststellen. Dabei ist zu berücksichtigen, daß das Diagramm mit einem geradlinig schreibenden Handtachographen aufgenommen wurde, also einem verhältnismäßig unvollkommenen Instrument, das infolge seiner Trägheit den rasch ablaufenden Vorgängen nicht schnell genug zu folgen vermag und ihnen etwas nachhinkt. Die Drehzahländerungen finden also in Wirklichkeit noch schneller statt.

Bemerkenswert ist ferner in Bild 6 und 7 das genaue Einhalten der Minderdrehzahl. Unterschiede der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, des Schmierölzustandes rufen leicht, namentlich nach längeren Betriebspausen, Änderungen im Widerstandsdrehmoment der mit Ware belegten Arbeitsmaschine hervor. Diese Drehmoment-Schwankungen haben bei dem neuen Antrieb keinen Einfluß auf Güte und Genauigkeit des Minderns.

Im Gegensatz hierzu bot sonst das Mindern bei den bis dahin bekannten Wechselstrom- und Drehstromantrieben bei nicht sachgemäßer Anordnung und Ausführung der Antriebe gewisse Schwierigkeiten. Wie groß diese Schwierigkeiten waren, die jetzt durch den neuen Antrieb restlos beseitigt sind, zeigt z. B. der Umstand, daß zu ihrer Abhilfe mancherorts, wo man nicht über reiche Erfahrungen auf diesem Gebiete verfügte, der Irrweg beschritten wurde, die Wirkmaschine für das Mindern, selbst wenn hierfür elektrische Schaltmittel vorgesehen waren, außerdem auch noch mechanisch abzubremsen! Mechanische Bremseinrichtungen können, wie jeder Praktiker weiß, infolge Verschleißes und des ständig erforderlichen Nachstellens auf die Dauer nie die stets gleich gute Wirkung elektrischer Mittel erreichen, ganz abgesehen von der Unwirtschaftlichkeit solcher kraftverzehrender Notbehelfe. In der deutschen Patentschrift D. R. P. 399563 wird beispielsweise folgendes über mechanische Bremsmittel

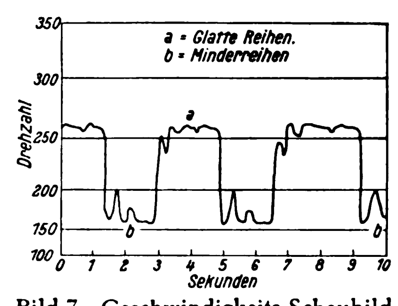


Bild 7. Geschwindigkeits-Schaubild einer Cottonmaschine mit polumschaltbarem Drehstrom-Universalantrieb.

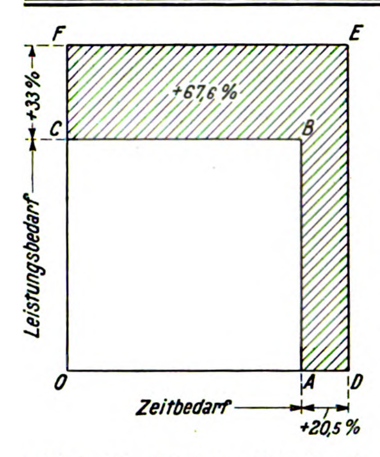


Bild 8. Vergleich der Arbeitszeit und Leistung zwischen polumschaltbaren Drehstrom-Universalantrieben der SSW und Drehstromantrieben mit mechanischen Minderbremseinrichtungen anderer Herkunft.

gesagt: „Die Verminderung hat man auch schon durch mechanische Bremsung der Maschine zu erreichen versucht, obwohl man dadurch unwirtschaftlich arbeitet, weil man aufgespeicherte Antriebskraft vernichtet, und wiewohl man dadurch keine schnellere Geschwindigkeitserhöhung nach dem Mindern erzielen kann, weil die vernichtete Kraft unwiederbringlich verloren ist.“

Die Richtigkeit des vorstehend Gesagten wird durch genaue in praktischen Betrieben vorgenommene Vergleichsmessungen bestätigt. Hierbei war ein Teil der untersuchten Cottonmaschinen mit polumschaltbaren Drehstrom-Universalantrieben der SSW ausgerüstet, der Rest mit Drehstromantrieben und mechanischen Minderbremseinrichtungen anderer Herkunft. Es zeigte sich, daß, trotzdem die Zeitdauer einer glatten Reihe für beide Antriebe die gleiche war, für eine Minderung bei dem Antrieb mit Minderbremseinrichtung im Mittel um etwa 20,5 % mehr an Zeit benötigt wurde als bei den SSW-Antrieben. Weiter ergab sich bei den Antrieben mit mechanischer Bremsung für eine Minderreihe ein mittlerer Mehrverbrauch an Energie von etwa 67,6 % gegenüber den polumschaltbaren Antrieben. Diese Ergebnisse werden besonders eindrucksvoll, wenn man sie zeichnerisch aufträgt, wie dies in Bild 8 geschehen ist.

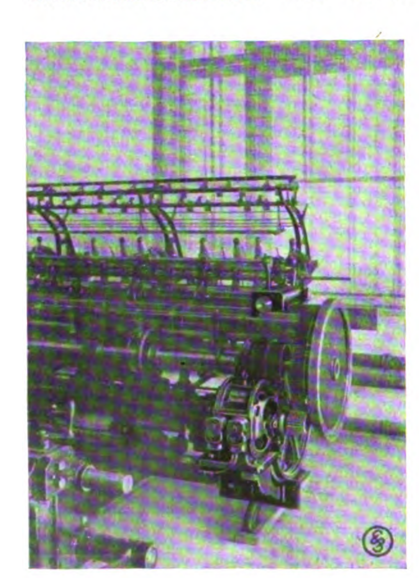


Bild 9. Cottonmaschine, angetrieben durch polumschaltbaren Drehstrom-Universalantrieb (D.R.P. und Auslandspatente).

Die Strecke OA entspricht hierbei der mittleren Zeitdauer und die Strecke OC der mittleren Leistung, somit die Fläche OABC dem mittleren Energieverbrauch für eine Minderung beim polumschaltbaren SSW-Antrieb. Entsprechend bedeuten OD die mittlere Zeitdauer, OF die mittlere Leistung und die Fläche ODEF den mittleren Energieverbrauch für eine Minderung bei einem Antrieb mit Minderbremseinrichtung. Die schraffierte Fläche ADEFCB stellt also den Mehrverbrauch an Energie beim letztgenannten Antrieb gegenüber dem SSW-Antrieb dar. Man sieht, daß dieser Mehrverbrauch nicht lediglich auf den größeren Zeitbedarf für das Mindern zurückzuführen ist, sondern daß der Verbrauch auch vor allem durch den zusätzlichen Leistungsbedarf (CF) der Bremse vergrößert wird. Der um das Maß AD größere Zeitbedarf des Bremsenantriebes für eine Minderung wirkt sich dahin aus, daß in der gleichen Arbeitszeit weniger Ware produziert wird als beim SSW-Antrieb.

Wie sehr durch nicht sachgemäße Ausführung von Wirkmaschinenantrieben gesündigt werden kann, zeigen einige weitere Messungen, die hier Erwähnung finden mögen. — In einem Betrieb benötigte ein fremder Antrieb für das Mindern um etwa 100 % mehr an Zeit als ein polumschaltbarer SSW-Antrieb. In einer anderen Wirkerei trat der Abfall der Drehzahl so spät ein, daß die Cottonmaschine, entgegen der Forderung, bei den Minderreihen noch mit hoher Geschwindigkeit, dagegen bei den darauf folgenden glatten Reihen mit niedriger Geschwindigkeit arbeitete.

Demgegenüber wird das gute Arbeiten des neuen SSW-Antriebes mit Polumschaltung besonders durch folgenden kürzlich vorgekommenen Fall aus der Praxis gekennzeichnet:

In einer Wirkerei klagte ein im Stücklohn arbeitender Wirker ständig über die ihm zugewiesene, durch Transmission angetriebene Cottonmaschine, weil sie schlecht arbeite, zuviel Nadelbruch habe und er zu wenig erzeuge und verdiene. An diese Cottonmaschine wurde ein

polumschaltbarer SSW-Universalantrieb angebaut. Der Nadelbruch betrug jetzt nur 36%, also nur etwa ein Drittel des früheren Nadelbruches. Die Erzeugung der Maschine erhöhte sich um 22%. Gleichzeitig wurde das Gewirk besser, da namentlich die Maschenteilung infolge der Herabsetzung der Zahl der Nadelauswechslungen sauberer wurde. Der Arbeiter will die Cottonmaschine jetzt nicht mehr abgeben. — In Bild 9 ist eine durch einen SSW-Drehstromantrieb der geschilderten neuen Art angetriebene Wirkmaschine dargestellt.

Für sämtliche beschriebenen Ausführungen, wie auch für viele sonstige für besondere Fälle vorgesehenen Antriebe und Einzelheiten, auf die einzugehen der Raum verbietet, bestehen z. Zt. etwa 15 In- und Auslandspatente der SSW. Eine weitere große Anzahl bis in die jüngste Zeit reichender, noch nicht veröffentlichter Patentanmeldungen bürgt für das rastlose Streben der SSW, an ihrem Teile dazu beizutragen, in der Zusammenarbeit mit dem praktischen Wirker und Wirkmaschinenhersteller, Arbeitsmaschine, Antrieb und Erzeugnis zu immer höherer Vollendung zu bringen.

Die Elektrotechnik in der Kunstseideindustrie

Von Dipl.-Ing. F. Bunzl-Gecmen, Berlin.

In der Kunstseide-Industrie hat sich die Elektrotechnik noch nicht das Anwendungsgebiet erschlossen, das sie in den anderen Zweigen des Textilgewerbes schon seit Jahren beherrscht. Die junge Industrie, die sich in kurzer Zeit in ungewöhnlicher Weise entwickelt hat, verdankt diese Entwicklung hauptsächlich Erfindungen chemischer Art, die die synthetische Herstellung von Zellulosefäden ermöglichten, deren textile Eigenschaften ganz neue Anwendungsgebiete eröffneten und dem allgemeinen Bedürfnis nach Kleidung und Verschönerung neue Anregungen gaben.

Kein Wunder, daß das Hauptaugenmerk der Kunstseide-Industrie auf die Vervollkommnung der chemischen Verfahren gerichtet war, während die Durchbildung der mechanischen Hilfsmittel mehr in den Hintergrund trat und die Maschinen und Apparate nur auf Grund der in den Laboratorien gewonnenen Erfahrungen meist auf primitive Weise in eigenen Werkstätten hergestellt wurden.

Mit der zunehmenden Verallgemeinerung der Produktionsverfahren, die sich aus den verschiedensten Anfangsversuchen zu Verfahren entwickelten, deren charakteristische Merkmale in den einzelnen Fabriken nicht mehr wesentlich voneinander abweichen, ergeben sich auch gleichartige Konstruktionen der zur Verwendung kommenden Maschinen. In diesem Stadium ist es naturgemäß, daß die Herstellung der Maschinen aus den eigenen Werkstätten der Kunstseidefabriken in die des zünftigen Maschinenbaues übergeht, und damit setzt auch eine neue Entwicklungsperiode ein, die durch die Mechanisierung der Arbeitsvorgänge, die Verbesserung der Konstruktion und die Durchbildung von Sonderantrieben gekennzeichnet ist.

Behindert wird diese Entwicklung durch ein sehr streng gehandhabtes System der Geheimhaltung, das in der Eigenart der heute noch nicht vollständig geklärten Fabrikationsprozesse begründet ist. Daher leisten sich viele Großunternehmen lieber den Luxus, eigene Maschinenfabriken, ja selbst elektrotechnische Werkstätten zu halten, nur um zu verhindern, daß ihre Spezialerfahrungen allgemein bekannt werden. Andererseits suchen sich die Maschinenfabriken durch Anstellung besonderer Sachverständiger in den Besitz der technologischen Erfahrungen zu setzen, um die Maschinen so gut und billig zu bauen, daß die Kunstseide-Industrie kein Interesse an der eigenen Maschinenfabrikation mehr hat, sondern ihr Hauptaugenmerk auf die durch den allmählich einsetzenden Konkurrenzkampf gebotene Rationalisierung der Arbeitsverfahren richtet. Dadurch eröffnet sich aber der Elektrotechnik ein großes Betätigungsfeld, da die Vorteile elektrischer Einrichtungen, die den Zwecken der Kunstseidefabrikation angepaßt sind, besonders in der Verbilligung und Verbesserung der Produktionsbedingungen liegen.

Die von der Elektrotechnik der Kunstseide-Industrie gebotenen Hilfsmittel sind sehr verschiedener Art und lassen sich in folgende Gruppen einteilen:

1. Elektrische Krafterzeugung und Verteilung.
2. Elektrische Antriebe.
3. Elektrische Kontrollapparate, Meßgeräte und Regelorgane.
4. Elektrische Luftreinigung.
5. Elektrische Rückgewinnung und Herstellung von Rohstoffen und Chemikalien.
6. Elektrische Beleuchtung.

1. Elektrische Krafterzeugung und Verteilung.

Dieser Abschnitt umfaßt die ganze kraft- und wärmewirtschaftliche Durchbildung des Systems der Energieströmungen. Da ein großer Teil der zugeführten Energie in Form von Wärme verbraucht wird, als deren Träger hauptsächlich Heizdampf oder warmes Wasser in Frage kommt, ergibt sich für die Krafterzeugung die Verwendung von Gegendruck- oder Entnahmemaschinen, in denen der von der Kesselanlage mit hoher Spannung gelieferte Dampf bis auf die für die Heizung erforderliche Spannung thermodynamisch ausgenutzt wird. Die erforderliche Heizdampfmenge ist zum Teil von den klimatischen Verhältnissen abhängig und im allgemeinen ungefähr so groß, daß der Leistungsbedarf im reinen Gegendruckbetriebe erzeugt werden kann, sofern hohe Kesseldrücke einerseits und niedrige Heizspannungen andererseits vorgesehen werden. Im Gegensatz zu anderen Textilunternehmungen, wie z. B. Tuchfabriken, Bleichereien oder Färbereien, ist der Dampfverbrauch einer Kunstseidefabrik ziemlich konstant, während die Tageskurve des Kraftbedarfes, je nach den schichtweise in Betrieb befindlichen Abteilungen, deutliche Abstufungen zeigt.

Da die zu verschiedenen Zeiten benötigten Energiemengen an Kraft und Wärme nicht vollständig in Übereinstimmung zu bringen sind, ist die Verwendung von Gegendruckmaschinen meist nur dort möglich, wo noch andere Energiequellen, z. B. Wasserkraftanlagen oder Überlandwerke, zur Verfügung stehen, die mit der Gegendruckmaschine parallel arbeiten.

Meist wird jedoch eine Entnahmemaschine am Platze sein, deren Betrieb für die Zwecke einer Kunstseidefabrik sehr wirtschaftlich ist, weil der Kondensator zur Warmwasserbereitung verwendet werden kann. Der Bedarf an warmem Wasser von etwa 40° C ist so groß, daß meist die ganze in den Kondensator gehende Dampfwärme ausgenützt werden kann und nichts verloren geht. Das thermo-dynamisch verwertbare Wärmegefälle wird in diesem Falle größer als bei Gegendruckbetrieb, so daß sich bei Verwendung hoher Kesseldrücke, besonders im Winter, ein großer Überschuß an elektrischer Energie ergibt, die zur Abgabe an andere Verbraucher oder zur Speisung eines Überlandnetzes zur Verfügung steht. Mit Hilfe eines Warmwasserspeichers läßt sich in diesem Falle auch ein Ausgleich schaffen zwischen elektrischer und Wärmeenergie, während für kurzzeitige Dampfspitzen ein Speiseraumspeicher sehr geeignet ist. — Für Dampfspeicherung besteht meist kein Bedürfnis.

Die Größe des elektrischen Leistungsbedarfes ist im wesentlichen abhängig von den vorhandenen Wasserverhältnissen, da ein großer Teil der Leistung an Pumpen abgegeben wird, die das Fabrikationswasser liefern und in Umlauf halten. Das Vorhandensein günstiger Wasserverhältnisse ist daher auch aus kraftwirtschaftlichen Gründen erforderlich, abgesehen davon, daß dies eine Hauptbedingung für die Fabrikation an sich darstellt.

Als Betriebsmaschinen eignen sich Dampfturbinen am besten, da sie für die Fabrikation vollkommen ölfreien Dampf liefern. Bei mittleren Anlagen mit einem Leistungsbedarf unter 1000 kW werden meist schnell laufende Turbinen verwendet, die über ein Getriebe mit dem Generator gekuppelt sind.

Der elektrische Teil der Kraftzentrale hat gegenüber einer normalen Industriezentrale nichts Besonderes aufzuweisen. Es wäre denn, daß wegen des kontinuierlichen Betriebes und des großen Schadens, der durch einen Stillstand entsteht, ganz besondere Vorkehrungen für die Betriebssicherheit getroffen werden müssen. Aus diesem Grunde ist auch immer eine ausreichende Reserve, z. B. Fremdanschluß vorzusehen. Bezüglich der Verteilung des Kraft- und Lichtstromes wäre zu erwähnen, daß die zur Verwendung kommenden Kabel und Verteilungsanlagen dem Betriebe in der feuchten und säurehaltigen Atmosphäre angepaßt sein müssen.

2. Elektrische Antriebe.

Die zur Verwendung kommenden Motoren sind oft schweren Betriebsbedingungen ausgesetzt. Der Kurzschlußläufermotor mit säurefester Sonderisolation bewährt sich jedoch allgemein. Die im Motor entstehende Wärme trocknet die durchstreichende Kühlluft, so daß die in ihr schwebenden Flüssigkeitsteilchen verdunsten und deren Niederschlag im Innern des Motors verhindert wird. Geschlossene Motoren mit Mantelkühlung haben den Nachteil, bei Stillstand und Abkühlung die feuchte Außenluft einzusaugen, deren Niederschlag im Innern des Motors zu Anfressungen führt. Es empfiehlt sich daher, geschlossene Motoren mit einem Luftröhrchen zu versehen, das ins Freie führt und durch das bei Abkühlung und Erwärmung ein Druckausgleich stattfinden kann.

Man geht auch in der Kunstseide-Industrie immer mehr dazu über, Sonderantriebe durchzubilden, die sich den Betriebsbedingungen der Arbeitsmaschinen anpassen und in ihrer Vollendung so ausgebildet sind, daß sie einen wesentlichen Bestandteil der Arbeitsmaschine selbst bilden. Ein bemerkenswertes Beispiel hierfür ist der elektrische Spinnzentrifugen-Antrieb, der das Ideal elektrischer Kraftübertragung veranschaulicht, die Leistung unter Vermeidung jeglicher mechanischer Zwischenorgane unmittelbar an jene Stelle zu bringen, an der sie für den Arbeitsprozeß nötig ist. Natürlich erfordert die Durchbildung eines derartigen Antriebes ein gründliches Studium der Betriebsbedingungen, und so ist auch die Spinnzentrifuge der SSW das Produkt langjähriger und eingehender Versuche[1]).

Die Spinnzentrifugen (Bild 1) sind ein Bestandteil der Kunstseidespinnmaschine. Der Arbeitsvorgang beim Spinnen ist folgender[2]): Die Spinnflüssigkeit (eine kolloidale Zelluloselösung, in neuerer Zeit meist eine Lösung von Zellulosexanthogenat in Natronlauge, sogenannte „Viskose") wird der Spinnmaschine unter Druck zugeführt. Die Spinnmaschine (Bild 2) besteht aus einer Reihe von Spinnstellen (60—100), die meist mit einer Teilung von 250 mm nebeneinander angeordnet sind. Die Viskose wird mittels kleiner Pumpen durch Brausedüsen mit 10—60 kleinen Öffnungen in ein Fällbad gepreßt, unter dessen Einwirkung die aus der Düse austretenden feinen Viskosestrahlen koagulieren und Fäden bilden. Die von den Düsen gelieferten Fadenbündel werden über Leitrollen geführt und gelangen durch einen Fadenführer in die Zentrifugen. Durch die Drehung der Zentrifugen werden die Fädchen in dem Teil zwischen Leitrolle und Zentrifuge untereinander verzwirnt. Der so gebildete Faden legt sich infolge der Fliehkraft an der inneren Seite der Zentrifuge an und bildet hier, geführt von dem auf- und abwärts gehenden Fadenführer, einen ringförmigen Kuchen. Durch kleine Löcher in den Wandungen der Zentrifuge wird die noch anhaftende Fällbadflüssigkeit abgeschleudert und so der Kuchen mechanisch getrocknet.

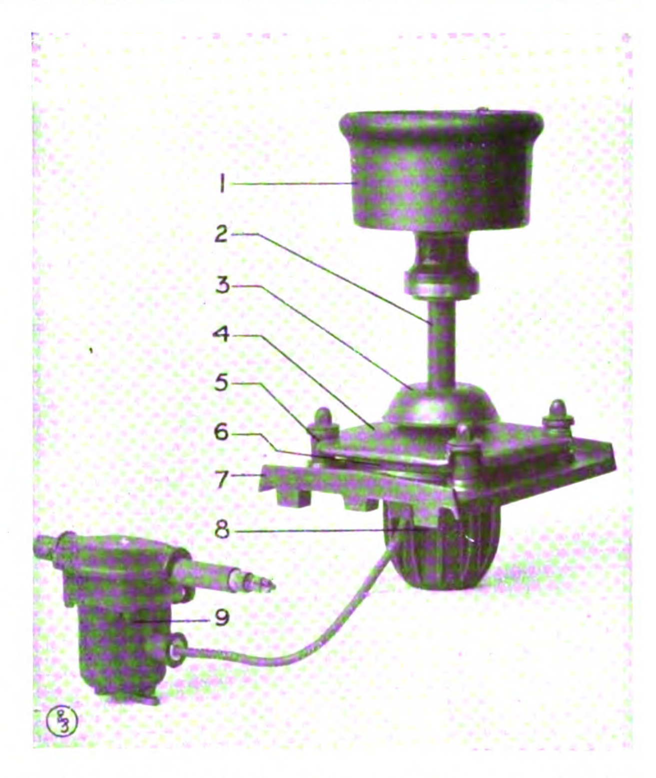


Bild 1. Die elektrische Spinnzentrifuge nebst Spezialbremsschalter.

1. Spinntopf, 2. Aufsatzstück, 3. Spritzhaube, 4. Tragschild, 5. Gummipuffer, 6. Dämpfungsring, 7. Bettplatte, 8. Motor, 9. Bremsschalter.

Nach einem älteren Verfahren, das aber heute noch in Europa vorwiegend verwendet wird, werden die aus den Düsen austretenden Fadenbündel nicht in Zentrifugen geleitet, sondern

[1]) Bezüglich der Konstruktion siehe Aufsatz R. Elsässer: „Die Spinnzentrifuge der SSW für Kunstseide."

[2]) Näheres über die Herstellung von Kunstseide nach dem Viskose-Verfahren siehe meinen Aufsatz „Leipziger Monatsschrift für Textilindustrie" Heft 9 und 10 von 1925.

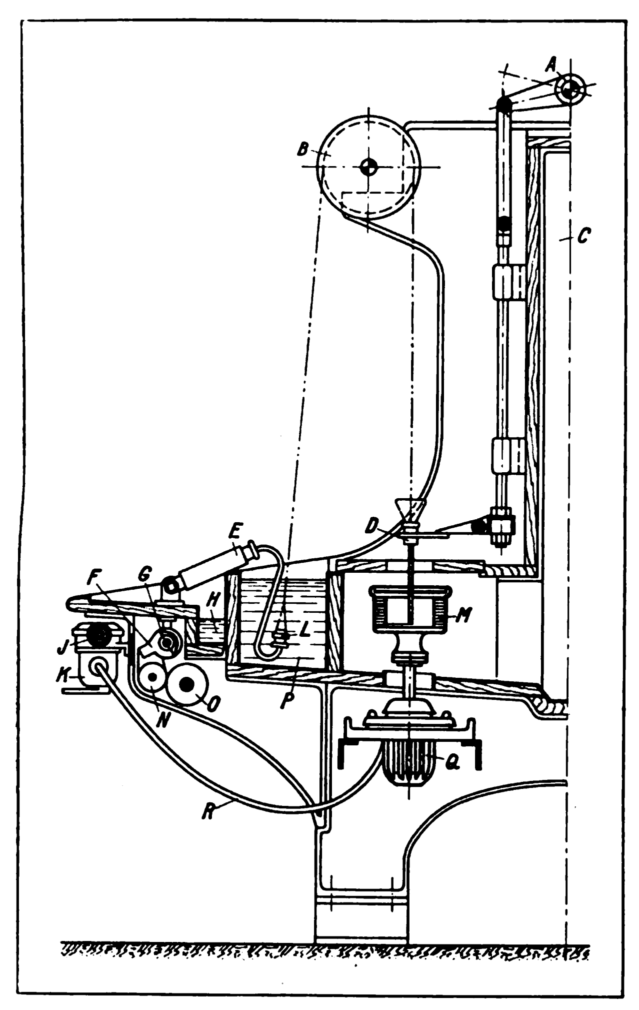


Bild 2. Kunstseidespinnmaschine mit elektrischen Spinnzentrifugen.

A = Antrieb des Fadenführers,
B = Leitrolle,
C = Entlüftungskammer,
D = Fadenführer,
E = Filterkerze,
F = Pumpen-Zwischenstück,
G = Viskoseleitung,
H = Wasserrinne,
J = Hauptkabel,
K = Spezialbremsschalter,
L = Düse,
M = Spinntopf,
N = Viskosepumpe,
O = Antrieb der Pumpe,
P = Fällbad,
Q = Motor mit Bettplatte.
R = Zuführungskabel.

kreuzweise aufgespult, um erst nachträglich auf einer besonderen Zwirnmaschine verzwirnt zu werden. Das Zentrifugenverfahren, bei dem in einem Arbeitsgange gesponnen und gezwirnt wird, ist daher wesentlich vorteilhafter als das Spulenverfahren. Seiner allgemeinen Einführung standen aber bisher große Schwierigkeiten entgegen, da der Zentrifugen-Antrieb selbst noch ein ungelöstes Problem darstellte. Meist hat man sich mit mechanischen Antrieben beholfen, die jedoch einer raschen Abnutzung ausgesetzt sind und durch ihre hohen Instandhaltungskosten und geringe Betriebssicherheit die Vorteile des Zentrifugenverfahrens wieder ausglichen. Die Anforderungen, die an den Zentrifugen-Antrieb gestellt werden, sind auch besonders hohe. Die erforderliche Drehzahl beträgt 5000–6000 in der Minute. Die im Fällbad enthaltene Schwefelsäure, die von den Zentrifugen abgespritzt wird, erfüllt den ganzen Raum mit Dämpfen, die die meisten Metalle angreifen. Auch Säurespritzer und Salzablagerungen wirken zerstörend auf den Antrieb, so daß Material und Bauweise nicht nur nach mechanischen und elektrischen Gesichtspunkten, sondern auch so gewählt werden müssen, daß der Antrieb den chemischen Einflüssen widersteht. Dabei sind die Zentrifugen bei Tag und Nacht fast ohne Unterbrechung in Betrieb und von ihrem ruhigen und störungsfreien Lauf hängt zum großen Teil die Qualität der Kunstseide ab. Auch das Installationsmaterial und die Zentrifugenschalter müssen den besonderen Anforderungen entsprechen. Die Installation der Spinnmaschine erfolgt derart, daß das Hauptkabel an jeder Spinnstelle durch Abzweigkästen hindurchgeführt wird, an die die Spinnzentrifugen-Schalter unmittelbar angeschlossen sind. Der Schalter enthält kleine Sicherungselemente und dient zur elektrischen Bremsung der Zentrifuge. Eine zweckentsprechende und betriebssichere Installation der Spinnmaschine ist eine der wichtigsten Voraussetzungen für einen klaglosen elektrischen Betrieb, und erst nach Durchbildung des gesamten Materials konnte man das Problem der elektrischen Spinnzentrifuge als gelöst betrachten.

Die Spinnzentrifugen sind an ein Drehstromnetz höherer Frequenz angeschlossen. Meist wird mit einer Frequenz von 80 bis 100 Perioden gearbeitet, entsprechend einer synchronen Drehzahl von 4800–6000 Umdr/min. Zur Erzeugung dieses Drehstromes kommen gewöhnlich asynchrone Perioden-Umformer zur Verwendung, deren Ständer von der vorhandenen Frequenz, z. B. 50 Per, gespeist und deren Läufer gegen das Feld angetrieben werden. Von den Schleifringen des Läufers wird das Zentrifugennetz gespeist. Die Zentrifugen werden für niedrige Spannung ausgeführt, und zwar verwenden die SSW 78 V bei 100 Per. Um in der Wahl des Aufstellungsortes der Umformer nicht behindert zu sein und besonders bei größeren Anlagen, werden zwischen Umformer und Zentrifugen Transformatoren vorgesehen. Bild 3 zeigt eine derartige Zentrifugenanlage.

Durch Regelung des Umformermotors läßt sich auch die Betriebsfrequenz und mit ihr die Drehzahl der Zentrifugen in weiten Grenzen verändern. Bei größeren Anlagen empfiehlt es sich, mehrere Umformer, z. B. für je 1000 Zentrifugen einen, aufzustellen. Dadurch hat man die Möglichkeit, einzelne Gruppen von Spinnmaschinen unabhängig voneinander in ihrer Drehzahl zu regeln. Auch läßt sich auf diese Weise ein Umformersatz leicht als Betriebsreserve vorsehen. Die Verwendung von Synchron-Generatoren zur Erzeugung des Zentrifugenstromes kommt in sehr großen Anlagen oder dort in Frage, wo normaler Drehstrom nicht vorhanden ist. Für den Antrieb der Synchron-Generatoren können vorteilhaft auch regelbare Dampfturbinen verwendet werden.

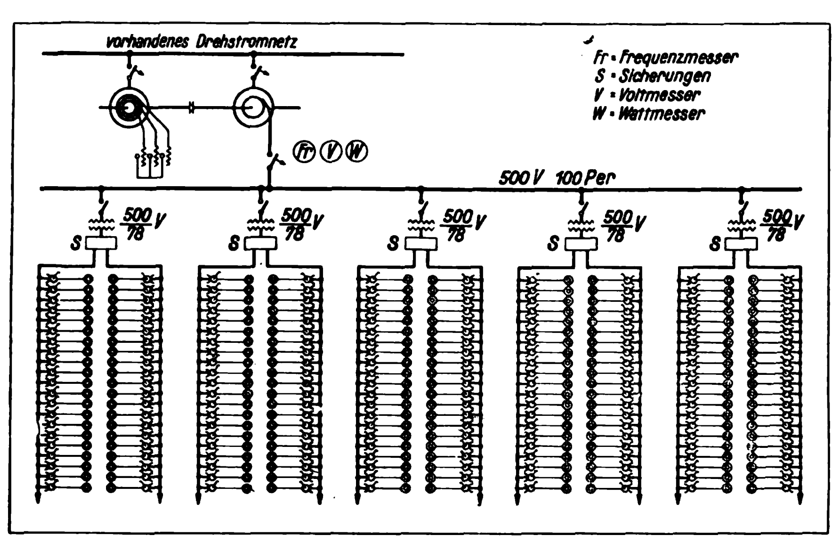


Bild 3. Schaltbild einer elektrischen Spinnzentrifugen-Anlage.

Als bemerkenswerter Vorteil der elektrischen Zentrifugen wäre noch deren geringer Kraftbedarf zu erwähnen. Im Spinnbetrieb ausgeführte Messungen ergaben eine Kraftersparnis von 35—45 % gegenüber Schneckenantrieben, d. h. etwa 60 W Ersparnis bezogen auf die Welle des Turbosatzes. Bei 1000 Spinnstellen werden also in einem Jahre etwa 400 000 kWh erspart.

Außer den Antrieben für die Spinntöpfe benötigen die Kunstseide-Spinnmaschinen noch einen oder mehrere Hauptantriebe für die Pumpenwelle, die Wellen des Fadenführergetriebes und der Leitrollen. Die Drehzahlen der Pumpen- und Leitrollen-Wellen müssen in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen, das von dem zu spinnenden Titre abhängt. Die erforderlichen Drehzahlen lassen sich durch regelbare Motoren mit großer Genauigkeit einstellen. Falls die Regelung durch Wechselgetriebe erfolgt, können Kurzschlußläufer-Motoren verwendet werden. Bild 4 zeigt eine doppelseitige Spinnmaschine mit Einzelantrieb durch Kurzschlußläufer-Motoren.

Auch die Spulen-Spinnmaschinen werden meist durch einen Kurzschlußläufer-Motor angetrieben, doch kann die Unterteilung des Antriebs unter Verwendung von Sondermotoren wesentliche Vorteile bringen. Diesbezügliche Versuche sind im Gange.

Für die Zwirnmaschine sind Sonderantriebe in Verwendung. Die Maschine enthält die Spindeln in 2—3 Etagen übereinander angeordnet. Auf die Spindeln werden die Spulen mit der ungezwirnten Kunstseide gesteckt, der Abzug erfolgt nach oben. Aufgewickelt wird auf Spulen, die sich auf einem horizontalen

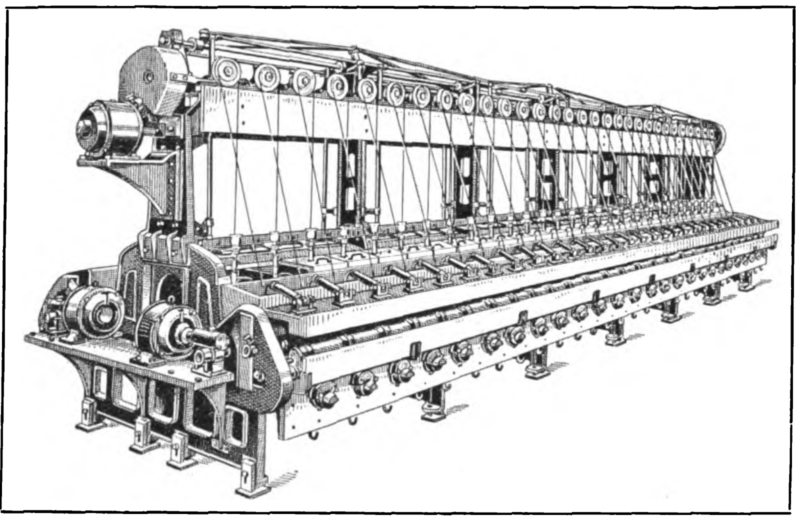


Bild 4. Kunstseide-Spinnmaschine mit elektr. Zentrifugen und Einzelantrieb der Hauptwellen (Spinnzentrifugen-Schalter älterer Ausführung).

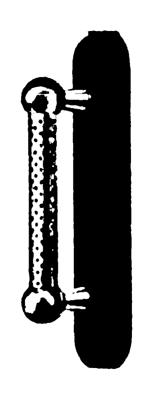


Bild 5. Quarzglas-Widerstandsthermometer für trockene Räume ohne und mit Quecksilber-Thermometer, zum Ablesen am Ort.

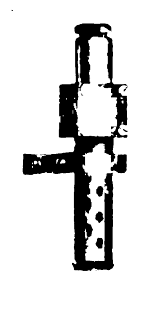


Bild 6. Widerstandsthermometer für feuchte Räume in säurefester Ausführung.

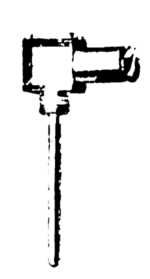
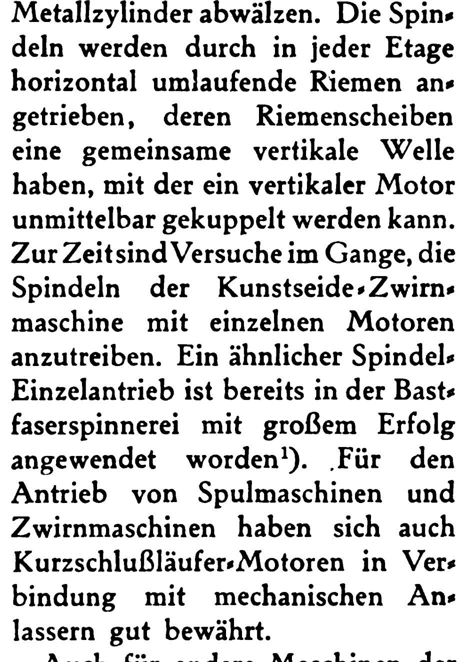


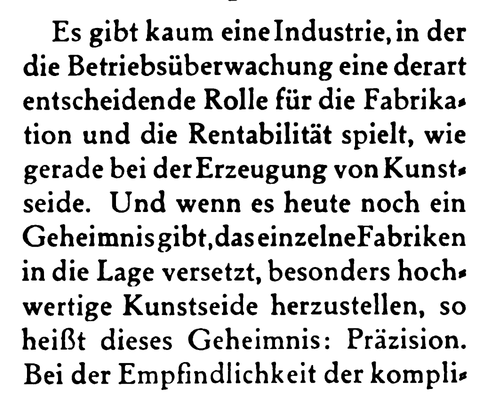
Bild 7. Widerstandsthermometer zur Messung innerhalb v. Rohrleitungen und Gefäßen.



Metallzylinder abwälzen. Die Spindeln werden durch in jeder Etage horizontal umlaufende Riemen angetrieben, deren Riemenscheiben eine gemeinsame vertikale Welle haben, mit der ein vertikaler Motor unmittelbar gekuppelt werden kann. Zur Zeit sind Versuche im Gange, die Spindeln der Kunstseide-Zwirnmaschine mit einzelnen Motoren anzutreiben. Ein ähnlicher Spindel-Einzelantrieb ist bereits in der Bastfaserspinnerei mit großem Erfolg angewendet worden[1]). Für den Antrieb von Spulmaschinen und Zwirnmaschinen haben sich auch Kurzschlußläufer-Motoren in Verbindung mit mechanischen Anlassern gut bewährt.

Auch für andere Maschinen der Kunstseide-Indusrie sind Sonderantriebe durchgebildet worden, so z. B. für den Zerfaserer, in dem die Alkali-Zellulose zu einer feinflockigen Masse verarbeitet wird. Die Arbeitsweise des Zerfaserers bringt es mit sich, daß der Antrieb oft großen Drehmomentsteigerungen ausgesetzt ist. Der Motor muß daher ein entsprechend hohes Durchzugsmoment haben und auch für Umkehr der Drehrichtung vorgesehen sein.

3. Elektrische Kontrollapparate, Meßgeräte und Regelorgane.



Es gibt kaum eine Industrie, in der die Betriebsüberwachung eine derart entscheidende Rolle für die Fabrikation und die Rentabilität spielt, wie gerade bei der Erzeugung von Kunstseide. Und wenn es heute noch ein Geheimnis gibt, das einzelne Fabriken in die Lage versetzt, besonders hochwertige Kunstseide herzustellen, so heißt dieses Geheimnis: Präzision. Bei der Empfindlichkeit der komplizierten organischen Moleküle, innerhalb deren sich bei den einzelnen Prozessen Umlagerungen abspielen, ist stets die Neigung vorhanden, daß sich Abbauprodukte bilden und die Entwicklung der eingeleiteten Vorgänge eine andere Richtung nimmt als die gewünschte. Neben der genauen Untersuchung der Zusammensetzung aller Rohmaterialien, insbesondere der zu verarbeitenden Zellulose, deren gleichbleibende Qualität und Herkunft eine wichtige Vorbedingung ist, kommt es in erster Linie auf eine absolute Konstanthaltung aller Fabrikationsbedingungen an. Daher spielt die Überwachung der Temperatur eine große Rolle. Aber auch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft sowie Druck und Temperatur in den einzelnen Gefäßen, Rohrleitungen usw., müssen ständig beobachtet und es muß dafür Sorge getragen werden, daß die für die einzelnen Prozesse erforderliche Zeitdauer genau eingehalten wird. Für alle diese Betriebskontrollen bietet gerade die Elektrotechnik eine große Menge von Hilfsmitteln, deren weitestgehende Anwendung sich unter allen Umständen lohnt.

Der Vorteil der elektrischen Meß- und Kontrollapparate besteht nicht nur in ihrer Genauigkeit, sondern auch darin, daß es leicht möglich ist, die Meßinstrumente von den Anzeigeinstrumenten zu trennen, so daß auch an schwer zugänglichen Stellen, z. B. im Innern von Rohrleitungen, Kesseln usw., gemessen werden kann, während die Ablesung bequem in einem für die Betriebskontrolle bestimmten Raume erfolgt, wo die Anzeige-Instrumente der verschiedensten Meßstellen zentral angeordnet sind und jederzeit eine sehr weitgehende Betriebskontrolle ermöglicht ist.

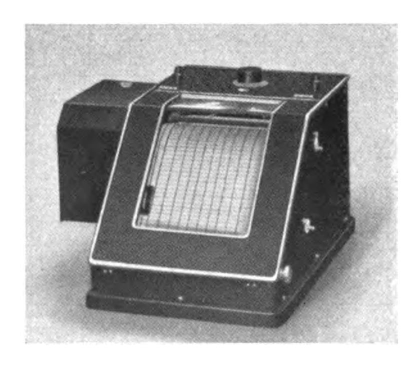
Für die Temperaturmessung kommen elektrische Fernthermometer zur Verwendung (Bild 5). Sie bestehen aus einer in Quarzglas eingeschmolzenen Platinspirale, deren elektrischer Widerstand, der sich in Abhängigkeit von der Temperatur ändert, mittels einer Brückenschaltung gemessen wird. Als Meßinstrument dient ein Amperemeter, von dem man direkt die Temperatur ablesen kann. Als Thermometer kommen Spezialinstrumente in Frage, die besonders der chemischen Zusammensetzung der zu messenden Körper angepaßt sind (Bild 6 u. 7). Die Anzeige-Instrumente werden meist auf einer Schalttafel angebracht, auf der sich noch ein Schiebewiderstand zum

[1]) Siehe den in diesem Heft enthaltenen Aufsatz von Dr.-Ing. H. Schneider: „Der elektrische Spinnflügeltrieb".

Einstellen der Meßspannung und Tastenumschalter befinden. Die Tastenumschalter dienen dazu, eine größere Anzahl von Thermometern wahlweise auf ein Anzeige-Instrument zu schalten. Statt der Tastenschalter empfiehlt sich in Kunstseidefabriken auch die Verwendung von wasserdichten Umschaltern. Neben diesen Anzeige-Instrumenten, die zur zeitweiligen Kontrolle dem Betriebsleiter dienen, kommen noch Temperaturschreibinstrumente (Bild 8) zur Verwendung, die den Temperaturverlauf und die Temperaturänderung an den einzelnen Meßstellen fortlaufend aufzeichnen. An einen Temperaturschreiber lassen sich bis sechs verschiedene Meßstellen anschließen, deren Temperaturkurven in verschiedenen Farben aufgezeichnet werden.

Auch die Konstanthaltung des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft ist in verschiedenen Räumen von großer Bedeutung. Hierfür werden elektrische Fernhygrometer verwendet, die nach dem Prinzip der Aspirationspsychrometer gebaut sind. Die Temperatur eines trockenen und eines feucht gehaltenen elektrischen Widerstandsthermometers wird mittels eines Anzeige-Instrumentes gemessen, das ähnlich gebaut ist, wie oben beschrieben. Da die Temperatur in vielen Räumen konstant gehalten wird, und daher der Widerstand des trockenen Thermometers nicht schwankt, kann man die Skala des feuchten Thermometers auch unmittelbar in Feuchtigkeitsprozente einteilen. Für Feuchtigkeitsmessungen in Räumen, deren Temperatur nicht konstant bleibt, ist es notwendig, das Anzeige-Instrument auf trockene und feuchte Thermometer zu schalten. Aus der Temperaturdifferenz kann dann an Hand einer Tafel die Feuchtigkeit bestimmt werden. Das Anzeige-Instrument kann mittels eines Tastenschalters auf verschiedene Fernhygrometer geschaltet werden. Durch die Betätigung des Tastenschalters wird am Hygrometer auch ein kleiner Ventilator in Betrieb gesetzt, der die Luft des zu messenden Raumes mit einer bestimmten Geschwindigkeit durch den Apparat hindurchsaugt.

Zur Zeitkontrolle dienen elektrische Uhren, die von einer Hauptuhr gesteuert werden. Die Verwendung von elektrischen Uhren in Form von Zeitstempeln eignet sich besonders auch zur Kontrolle des Fabrikationsganges der einzelnen Chargen.


Bild 8. Temperaturschreiber für sechs Meßstellen.

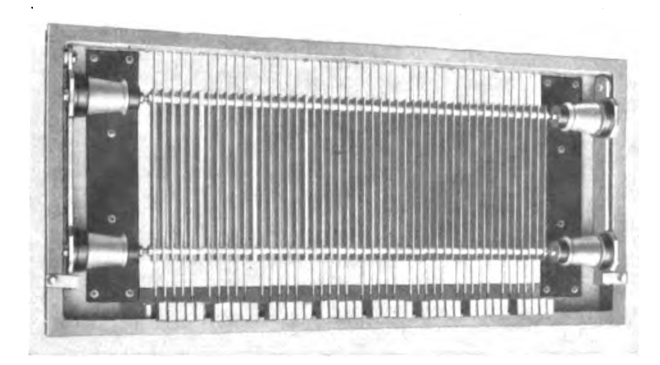
Für die Drucküberwachung, z. B. im Innern der Kessel der Viskose-Station, kommen elektrische Fernmanometer zur Verwendung, die auch gleichzeitig ein Anzeige-Instrument am Kessel selbst betätigen. Diese Manometer müssen sowohl für Überdruck als für Unterdruck eingerichtet sein. Die Konstanthaltung des Druckes in der Viskose-Leitung an den Spinnmaschinen ist mit eine wichtige Voraussetzung für die Konstanthaltung der Fadenstärke.

Neben diesen Sonderinstrumenten, die der Beobachtung der technologischen Prozesse dienen, kommen natürlich auch noch alle übrigen Instrumente zur Messung von Dampfmengen, Wassermengen, Kohlensäuremesser, Pyrometer usw. zur Verwendung, die auch sonst in jedem gut geleiteten Industriekraftwerk zur Betriebskontrolle der Wärmewirtschaft dienen.

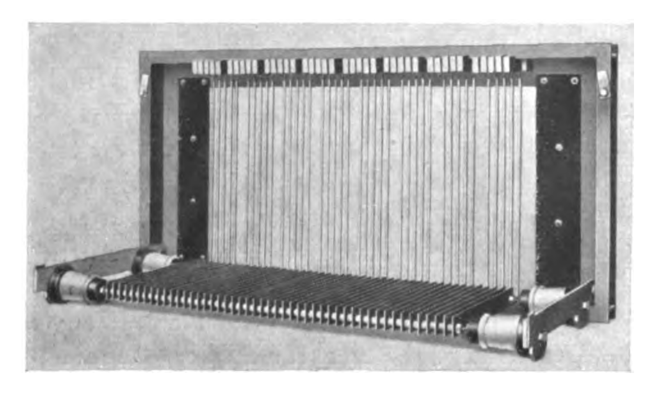
Die elektrischen Meßinstrumente können unter Umständen auch direkt als Regelorgane ausgebildet werden. So können sie z. B. mit Vorteil zur selbsttätigen Konstanthaltung der Temperatur für elektrisch geheizte Räume verwendet werden. Eine derartige Regelung läßt sich u. a. für die Reifestation der Alkali-Zellulose verwenden. In diesen Räumen kommt es auf die Konstanthaltung einer Temperatur von etwa 24° an. Die aufgewendete elektrische Heizenergie ist sehr gering, da der Raum nach außen gut isoliert ist. Eine derartige elektrische Heizung und selbsttätige Temperaturregelung läßt sich z. B. auch für die Fällbäder der Spinnmaschinen verwenden.

4. Elektrische Luftreinigung.

Ein wichtiges Problem, das unter Umständen die Lebensfrage einer Kunstseidefabrik sein kann, ist das der Luftreinigung. Durch den Spinnprozeß entwickeln sich in den Fällbädern Gase, die Schwefelwasserstoff, Schwefelkohlenstoff und schweflige Säure enthalten. Diese Gase werden durch Ventilatoren abgesaugt und gewöhnlich ins Freie befördert.



geschlossen



geöffnet

Bild 9. Gitterozonisatoren zur elektrischen Reinigung der Abluft von Kunstseidefabriken.

Ein m^3 enthält im allgemeinen etwa 0,2 g Schwefelgase. Chemisch ist diese Menge kaum noch nachzuweisen, sie macht sich jedoch durch einen üblen Geruch bemerkbar und ist gesundheitsschädlich. Auch besteht die Gefahr, daß bei Regen und feuchter Luft Flurschäden entstehen. Die Verwendung von hohen Schornsteinen zum Wegschaffen der Abluft mildert zwar deren unangenehme Wirkung auf die Umgebung, bringt jedoch keine befriedigende Abhilfe.

Man hat nun auf alle mögliche Weise versucht, diesen Abgasen beizukommen und hat sie der Einwirkung von Ozon ausgesetzt, doch zeigt es sich, daß selbst längere Berührungszeiten zu keinem praktischen Erfolg führten. Es wurde daher von der Siemens & Halske A.-G. ein neuer Weg beschritten; man baute Apparate, bei denen die Abgase unmittelbar durch die Glimmentladung eines Ozonapparates hindurchgetrieben werden. Diese Apparate, sog. Gitterozonisatoren (Bild 9) bestehen aus einem verbleiten schmiedeeisernen Rahmen mit 40 eingesetzten Elektrodenstäben aus Aluminium und einem von Isolatoren getragenen Hochspannungsrost aus Aluminiumblechen. Als Dielektrikum dienen Glasröhren, durch die die Elektrodenstäbe hindurchgehen, und die verhindern, daß bei der starken Ionisation der Luft direkte Überschläge stattfinden. Der Hochspannungsrost ist ausklappbar, so daß die Gitter leicht gereinigt werden können. Die Gitter werden in mindestens 2 Sektionen hintereinander in einen geschlossenen Raum gesetzt, der an den Druck- oder Saugstutzen des Ventilators angeschlossen ist. Die Abluft muß zwischen den Gitterstäben hindurchstreichen. Durch die Glimmentladung und die heftige Einwirkung des im status nascendi befindlichen Ozons bilden sich im Wasser lösliche Schwefelverbindungen, die in einem Rieselturm ausgewaschen werden können. Bild 10 zeigt eine derartige Anlage. Die aus dem Spinnsaal kommende Abluft wird durch den Ventilator zunächst in einen Staubfang geblasen, wo sich bei einer Luftgeschwindigkeit von höchstens 1 m/s die mitgeführten mechanischen Unreinigkeiten abscheiden. Dann wird die Luft durch die Gitter geleitet, die in mehreren Sektionen, meist zu 6 Gitter, hintereinander aufgestellt sind. Die Gitter können zur Reinigung durch seit-

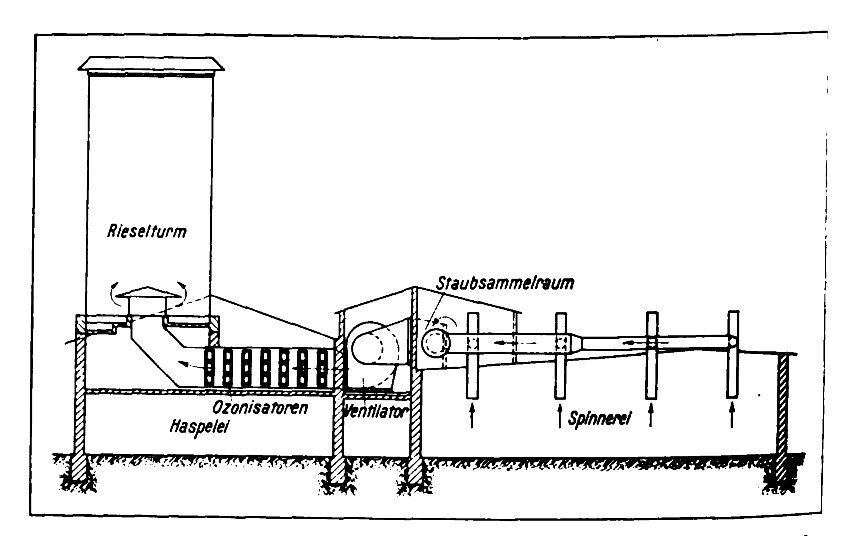


Bild 10. Elektrische Luftreinigungsanlage auf dem Dache einer Kunstseidefabrik.

liche Türen aus der Ozonkammer herausgefahren werden. Die Türen sind mit Kontakten versehen, die das Einschalten des Stromes bei geöffneter Tür ausschließen und die Türen im Betrieb verriegeln.

Die Ozonisatoren arbeiten normal mit Wechselstrom von 8500 V bei 50 Perioden. Diese Spannung wird von kleinen Öltransformatoren geliefert, an die der Hochspannungsrost angeschlossen ist. Die Elektrodenstäbe und die Ozonkammern sind geerdet. Der Kraftverbrauch der Apparate ist sehr klein und beträgt bei einer zu reinigenden Luftmenge von ungefähr 80 000 m^3/h etwa 1,8 kW. Bei Wechselstrom höherer Frequenz wird die Wirkung der Ozonisatoren gesteigert, so daß eine geringere Anzahl von Gittern zur Verwendung kommen kann. In Anlagen wo elektrische Zentrifugen verwendet werden, die mit einer Frequenz von etwa 100 Perioden arbeiten, wird es sich daher immer empfehlen auch die Gitter an das Spinnzentrifugennetz anzuschließen. Der voreilende $\cos \varphi = 0,5$ wirkt auch verbessernd auf den Leistungsfaktor des Zentrifugennetzes. Das Wasser des Rieselturmes reichert sich mit der Zeit mit Schwefelsäure und schwefliger Säure an, deren technische Rückgewinnung möglich erscheint.

5. Elektrische Rückgewinnung und Herstellung von Rohstoffen und Chemikalien.

Von allen aufgewendeten Rohstoffen und Chemikalien erscheint in der fertigen Kunstseide nur die Zellulose wieder, die in Form von Zellstoff oder Baumwolle in die Fabrikation eintritt und sie mit einem Ausbeuteverlust von etwa 40% als Kunstseide wieder verläßt. Alle übrigen Chemikalien dienen vorwiegend dazu, die Zellulose in ihrer Struktur zu verändern, ohne selbst ein Teil des fertigen Produktes zu sein. Sie gelangen teils mit den Abwässern, teils durch die Ventilation wieder ins Freie. Ihre technische Rückgewinnung hängt davon ab, in welchem Verhältnis die Kosten der Rückgewinnungsverfahren zu dem Kaufwert der Materialien stehen. Auch hier bietet die Elektrotechnik vielerlei Möglichkeiten.

Am bekanntesten ist die elektrolytische Rückgewinnung von Kupfer aus den schwefelsauren Abwässern der nach dem Kupferoxyd-Ammoniak-Verfahren arbeitenden Kunstseidefabriken. Die

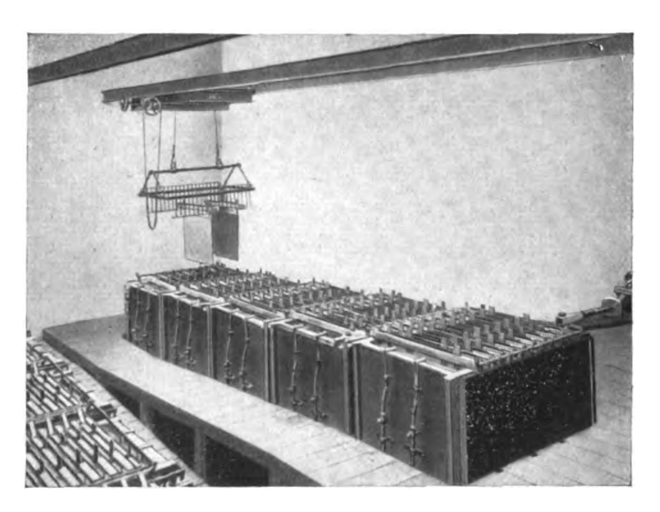


Bild 11. Elektrolytische Laugenentkupferungsanlage einer Kunstseidefabrik.

Lauge, deren Kupfergehalt etwa 1,5% beträgt, wird durch eine Reihe kaskadenförmig aufgestellter Bäder geleitet und der Einwirkung eines starken Stromes ausgesetzt. Als Anoden werden Stäbe von Hartblei verwendet, die von der Schwefelsäure nicht angegriffen werden. Als Kathode dienen dünne Bleche aus reinem Kupfer, sogenannte Mutterbleche, an die sich das elektrolytisch ausgeschiedene Kupfer ansetzt. Die für die Kunstseide-Industrie ausgeführten Anlagen haben gewöhnlich eine Produktion von 100—600 kg Kupfer in 24 Stunden. Bild 11 zeigt eine Anlage, die mit 10 Bädern von je 900 A Strombelastung arbeitet. Die Badspannung beträgt 2—2½ V. Zur Erzeugung des niedrig gespannten Gleichstromes werden in der Zentrale eigene Umformer aufgestellt. Der Leistungsverbrauch beträgt etwa 2,5 kWh für das Kilogramm gewonnenen Kupfers.

An dieser Stelle wäre auch die sogenannte „Elektrische Bleiche" besonders hervorzuheben. Es handelt sich hierbei um die elektrische Herstellung des als Bleichmittel in immer steigendem Maße zur Verwendung kommenden Natriumhypochlorits ($NaOCl$). Als Ausgangsmaterial dient eine Kochsalzlösung ($NaCl$), die in sogenannten Bleich-Elektrolyseuren der Wirkung eines Gleichstromes ausgesetzt wird. Die Vorteile der elektrischen Bleiche bestehen besonders darin, daß die Zellulosefaser mehr geschont wird und deren Festigkeit in geringerem Maße abnimmt als bei Verwendung von Chlorkalk. Es wird also eine Qualitätsverbesserung erzielt, die gerade in der Kunstseidefabrikation von Bedeutung ist.

6. Elektrische Beleuchtung.

In der Kunstseide-Industrie, deren Betriebe zum Teil 24 Stunden arbeiten, kommt der Beleuchtungsfrage eine große Bedeutung zu. Die Verhältnisse bezüglich der Beleuchtungsstärke und Lichtverteilung liegen ähnlich wie in anderen Textilfabriken; während jedoch dort bei der Verwendung von Armaturen besonders auf die staub- und faserhaltige Luft Rücksicht genommen werden muß, spielen hier mehr die chemischen Luftverunreinigungen eine Rolle. Im allgemeinen empfiehlt es sich nicht mit Licht zu sparen, was ja insofern überhaupt nicht sehr ins Gewicht fällt, als ja der größte Teil der Kraftleistung fast umsonst im Gegendruckbetrieb erzeugt werden kann. Die Anordnung der einzelnen Lichtpunkte richtet sich nach der Aufstellung der Maschinen, nach Form und Farbe des Innenraumes sowie nach der Beleuchtungsstärke, die für die einzelnen Arbeitsverfahren erforderlich ist. Hierbei ist besonders darauf Rücksicht zu nehmen, daß eine Blendung durch zu intensive oder ungünstig angeordnete Lichtpunkte vermieden wird, da dadurch leicht eine Ermüdung der Sehnerven eintritt und die Arbeitsfähigkeit der Leute herabgesetzt wird.

In der Merzerisation, der Sulfidierung und der Viskose-Station kommt es hauptsächlich auf gute Verkehrsbeleuchtung an. Es genügt hier eine Beleuchtung von ungefähr 20 Lux, wobei jedoch besonders auch auf gute Einzelbeleuchtung zur Ablesung der Skalen von Meß- und Kontroll-Instrumenten geachtet werden muß. In der Sulfidierung müssen schlagwettersichere Armaturen verwendet werden.

Für den Spinnereisaal selbst und die übrigen der textilen Veredelung dienenden Räume muß eine stärkere Beleuchtung gewählt werden. In der Spinnerei ist eine Beleuchtung von 75 Lux erwünscht. Das Licht soll möglichst zerstreut sein, darf jedoch zur leichteren Erkennung der Fäden auch nicht vollkommen schattenlos sein. Gewöhnlich ist halbindirekte Beleuchtung am zweckmäßigsten. In der hier besonders säurehaltigen Atmosphäre haben sich Armaturen mit emaillierten Metallteilen als geeignet erwiesen; eventuell lassen sich auch in Gußeisen gekapselte Leuchten verwenden.

Noch höhere Anforderungen an die Beleuchtung werden in der Haspelei gestellt. Hier sind Beleuchtungsstärken von etwa 120 Lux empfehlenswert. In der Nachbehandlung kommt es wieder mehr auf gute Verkehrsbeleuchtung an, hier genügen etwa 20 Lux, während in der Sortierung eine gute Allgemeinbeleuchtung von etwa 30 Lux und eine starke gut abgeblendete Einzelbeleuchtung von 250 Lux erforderlich ist.

Die Verwendung von Armaturen für tageslichtähnliche Beleuchtung ist im allgemeinen nicht erforderlich, falls jedoch eine Färberei angeschlossen ist, ist eine Einrichtung von Tageslichtbeleuchtung sehr zu empfehlen.

Mit diesen kurz skizzierten Anwendungsmöglichkeiten ist das ganze Gebiet natürlich noch nicht erschöpft, das der Elektrotechnik im Dienste der Kunstseide-Industrie zur Verfügung steht. Es verbleiben noch eine ganze Reihe von elektrischen Vorrichtungen und Instrumenten, deren Arbeitsweisen weniger den Besonderheiten der Kunstseidefabrikation angepaßt, sondern allgemeiner Natur sind. Hierher gehören z. B. Nachrichtenapparate, wie Telephone, Personen-Rufapparate, Signalapparate, Feuermelder usw. Auch das große Gebiet der elektrischen Heizung und Wärmespeicherung wäre hier zu erwähnen.

Wie man sieht, sind die Hilfsmittel, die die Elektrotechnik der Kunstseide-Industrie bietet, außerordentlich vielseitiger Art, und die Verwertung des reichen Erfahrungsschatzes, den die Elektrotechnik durch ihre Beziehungen zu fast allen Industriezweigen in vielen Jahrzehnten gewonnen hat, kann der jungen und zukunftsreichen Kunstseiden-Industrie nur von allergrößtem Nutzen sein.

Die Spinnzentrifuge der SSW für Kunstseide

Von Dipl.-Ing. R. Elsässer, Oberingenieur im Elektromotorenwerk.

Die ersten Versuche, die von den SSW mit elektrischen Spinnzentrifugen aufgenommen wurden, reichen zurück bis auf das Jahr 1905. Damals waren jedoch die Voraussetzungen nicht gegeben, die eine allgemeine Einführung elektrischer Zentrifugen ermöglicht hätten. Zu wenig hatte sich damals noch der Begriff des Einzelantriebes durchgesetzt, seine Vorteile waren nicht bekannt, und das technische Denkvermögen war noch zu sehr von den all-

gemein gebräuchlichen mechanischen Übertragungsorganen, wie Transmissionen, Zahnrädern usw. beeinflußt, als daß man sich schon damals mit einem so weitgehenden Einzelantrieb befreundet hätte. Auch in der Elektrotechnik harrten noch näherliegende Probleme ihrer Lösung, so daß nach den anfänglich Erfolg versprechenden Versuchen eine weitere Durchbildung der elektrischen Zentrifugen unterblieb.

Erst der nach dem Kriege einsetzende außerordentliche Aufschwung der Kunstseide-Industrie gab wieder einen Impuls, die alten Versuche auf neuer Basis fortzusetzen. Immer mehr zeigte sich das dringende Bedürfnis nach einer einwandfrei arbeitenden Spinnzentrifuge, da die verwendeten mechanischen Antriebe dieser Forderung keineswegs entsprachen. Ja, die allgemeine Einführung des Zentrifugenverfahrens, das gegenüber dem Spulenverfahren bedeutende Vorteile hat, schien lediglich von der Frage abzuhängen, ob es möglich sei, der Kunstseide-Industrie eine betriebssichere und wirtschaftlich arbeitende Zentrifuge zur Verfügung zu stellen.

Nach jahrelangen Versuchen, die zum Teil dadurch sehr behindert wurden, daß lange Zeit hindurch eine praktische Erprobung im Spinnbetrieb durch das Bestreben der Kunstseidefabriken, ihren Betrieb geheimzuhalten, nicht möglich war, ist es endlich den SSW auf Grund einer vom Verfasser gefundenen Anordnung gelungen, einen Antrieb durchzubilden, der den hohen Anforderungen entspricht und sich in der Praxis bereits vielfach sehr bewährt hat.

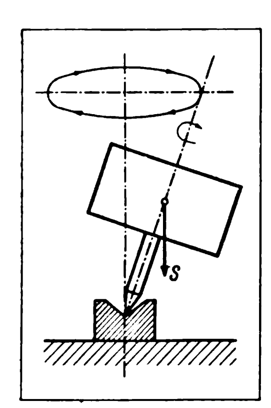


Bild 1. Präzessionsbewegung einer ausgewuchteten Zentrifuge, die in der Achse unterstützt wird.

Die Spinnzentrifugen müssen 5000 bis 6000 Umdr/min machen, völlig konstante Umdrehungszahl haben und sich schwingungsfrei um eine im Raume stillstehende Achse drehen. Dabei darf man nicht mit gut austarierten Zentrifugentöpfen rechnen, sondern muß eine gewisse Unbalance voraussetzen. Man kann natürlich den schwingungsfreien Lauf erzwingen, wenn man die Zentrifugenachse in sehr kräftigen Lagern führt, die alle Schwingungen auffangen und vernichten. Dies bedingt aber eine sehr kräftige und daher teuere Lagerkonstruktion, große Arbeitsverluste und starke Abnutzung der Lager, sowie bei etwaigem Antrieb durch Elektromotor einen unnötig großen Motor.

Will man diesen sehr unwirtschaftlichen Weg nicht gehen, so müssen besondere Einrichtungen getroffen werden, um Schwingungen und Schwankungen der Zentrifuge aufzunehmen und unschädlich zu machen. Dreht sich ein genau austarierter Zentrifugentopf um eine senkrechte Achse, die entweder frei im Raume schwebt oder auf einer Spitze läuft, so wird der Topf vollkommen ruhig laufen. Sowie aber eine Störungsursache hinzukommt, indem entweder eine Unbalance eintritt oder der Topf aus seiner senkrechten Achse abgelenkt wird, rotiert er nicht mehr um eine im Raume stillstehende Achse, sondern es tritt die bekannte Präzessionsbewegung ein, d. h. die Rotationsachse beschreibt einen Kegel (Bild 1). Falls die Unbalance eine nennenswerte Größe hat, tritt sehr rasch ein Kippen ein, falls die Achse seitlich keinen Widerstand findet. Läuft die Achse auf einer Spitze, und ist sie unterhalb des Topfes durch eine elastische Aufhängung mit Federung senkrecht zur Achse abgefangen, so wird sie zwar nicht kippen, aber doch je nach der Stärke der Federung eine mehr oder minder große Präzessionsbewegung ausführen. Ist aber die Federung sehr kräftig, so wird das Lager, das für die praktische Verwendung natürlich erforderlich ist, notwendigerweise stark beansprucht. Schwebt die Achse frei im Raume, so wird jede Kraftwirkung senkrecht zur Achse — falls sie konzentrisch wirkt — wirkungslos bleiben. (Eine einseitig wirkende Kraft verursacht eine Parallelverschiebung und kommt nicht in Frage.) Aufheben kann man die Schwankung nur, wenn auf die Bodenfläche des Topfes oder eine dazu parallele Fläche beim Schwanken des Topfes eine Kraft K wirkt, die jeweils die gleiche Lage wie die störende Kraft S hat, ihr entgegengerichtet ist und sie in der Größe übertrifft, daher eine sofortige Rückführung bewirkt. In diesem Falle wird die Zentrifuge stets schwingungsfrei laufen (Bild 2). Erreichen läßt sich dies, wenn man z. B. eine Scheibe parallel zur Topfebene durch Lager mit der Welle verbindet und auf einer gleichmäßig über den Umfang verteilten elastischen Unterlage, z. B. einem Gummiring, aufruhen läßt.

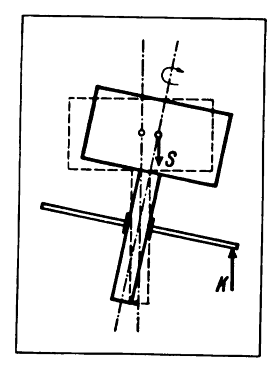


Bild 2. Aufhebung der Präzessionsbewegung u. der Wirkung einer Unbalance durch eine Kraft, die in einer Ebene senkrecht zur Achse angreift.

Auf diesem Prinzip beruht die Spinnzentrifuge der SSW. Bei der praktischen Ausführung sind die Verhältnisse natürlich etwas verwickelter. Zunächst muß mit der Zentrifugenwelle der Läufer des Antriebsmotors verbunden sein, und da die Beweglichkeit zwischen Ständer und Läufer senkrecht zur Achse nur unmerklich sein darf, wird man auch den Ständer durch das Lager mit der Welle verbinden. Ebenfalls fest mit der Lagerung verbunden muß die zur Bodenfläche des Topfes parallele Fläche sein, die die Gegenkraft zu der Störungskraft aufnimmt. Bild 3 stellt die grundsätzliche Anordnung der SSW-Spinnzentrifuge dar. Das ganze System hat nur ein Lager — in der wirklichen Ausführung ein doppeltes Kugellager —, das oberhalb des Motors angeordnet ist, und mit dem der feststehende Teil des Motors und die Tragfläche des ganzen Systems starr verbunden ist. Die Ausführung mit einer Lagerung oberhalb des Motors bietet verschiedene Vorteile. Am oberen Ende der Welle sitzt der Spinntopf. Das ganze System ruht auf einem Gummihohlring, der die einzige Verbindung mit dem festen Boden bildet und als Dämpfungselement die jeweils erforderliche Gegenkraft liefert, sobald Störungskräfte auftreten, so daß das System gewissermaßen frei im Raume schwebt, nur gehalten durch die Gegenkraft. Die Arbeitsweise ist folgende: Das Trägheitsmoment des Motorläufers ist verschwindend klein gegen das des Spinntopfes, kann also zunächst unberücksichtigt bleiben. Der Spinntopf sei mit einer gewissen Unbalance angenommen, diese Annahme ist notwendig, denn nur dann, wenn die Zentrifuge auch in diesem Falle einwandfrei arbeitet, genügt sie den Forderungen des Betriebes. Würde der Spinntopf für sich frei im Raume laufen, so rotierte er nicht um seine geometrische Achse, sondern um seine Trägheitsachse, die durch die Schwerpunkte der einzelnen Schichten bedingt ist, die sogenannte „freie Achse“. Auch in der beschriebenen Anordnung rotiert der Topf um eine Achse, die durch den mittleren Schwerpunkt S geht, da er infolge seiner überwiegenden Masse und die Art der Aufhängung dem System seine Rotationsachse aufzwingen kann. Diese muß aber auch durch den Mittelpunkt des Lagers gehen, da dieser räumlich fest liegt, und sie erleidet dadurch im allgemeinen eine kleine Ablenkung. Um diese letztere Achse, die sich senkrecht stellt, rotiert also der umlaufende Teil des Systems, der Spinntopf behält infolgedessen seine Lage im Raume unveränderlich bei, der Mittelpunkt der Stirnfläche des Motorläufers dagegen bewegt sich auf einem Kreise und da Motorständer und Tragfläche mit dem Läufer verbunden sind, müssen sie diese Schwingungsbewegung mitmachen. Jeder Punkt der Auflagefläche bewegt sich daher nach einer Sinuslinie, deren Scheitelwert von der Größe der Unbalance abhängt. Diese Sinuslinie stellt zugleich den zeitlichen Verlauf der Kraft dar, die die Störungskraft der Unbalance ausgleicht und die erzeugt wird durch die Federkraft des Gummiringes beim Zusammendrücken. Der Gummiring muß deshalb am ganzen Umfang gleichmäßig und weder zu hart noch zu weich sein. Durch diese sinusförmig verlaufende Kraft ist auch der Radialdruck bedingt, den die Kugellager erfahren. In Bild 4 ist das Kräftediagramm dargestellt. K ist die senkrecht zur Tragfläche gerichtete Federkraft, die der gleichgroßen und entgegengesetzt gerichteten Kraft das Gleichgewicht hält, die von der Zentrifuge auf den Gummiring ausgeübt wird. Sie zerlegt sich in zwei Komponenten, eine senkrechte K_1, die die Störungskraft ausgleicht,

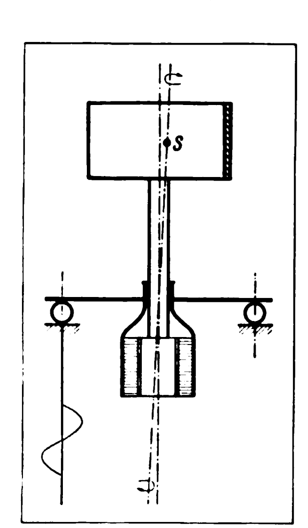


Bild 3. Darstellung der grundsätzlichen Anordnung und der Arbeitsweise der SSW-Spinnzentrifuge.

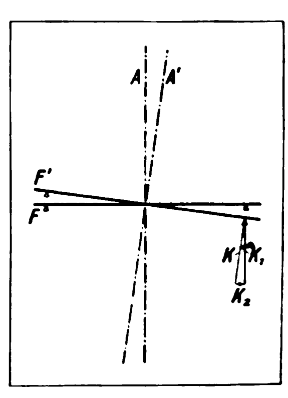


Bild 4. Diagramm der an der Aufhängung angreifenden Gegenkräfte.

und eine wagerechte K_2, die den Lagerdruck ergibt, der also sehr klein ist.

Die Unbalance kann natürlich nicht beliebig groß sein; überschreitet sie eine bestimmte Größe — die aber bei den ausgeführten Zentrifugen über den praktisch vorkommenden Unbalancen liegt —, so würde der Ausschlag der Motormasse so groß, daß diese nicht mehr folgen kann und infolgedessen auch der Topf ins Schwanken kommt. Die Größe der zulässigen Unbalance hängt von dem Massenverhältnis der beiden Teile und von dem Abstand des Spinntopfes vom Lager ab. Die ausgeführten Zentrifugen arbeiten zwar auch gut, wenn der Topf dicht über dem Lager mit dem Motorzapfen sitzt, besser aber und mit größerer Unbalance, wenn durch ein Zwischenstück ein größerer Abstand vorhanden ist.

Die Bilder 5 und 6 zeigen eine Ausführungsform. Der Motor besteht aus dem zur besseren Wärmeabführung mit Rippen versehenen Ständer, der mit drei Schrauben am Lagerkörper befestigt ist, er selbst enthält kein Lager und ist unten offen, um einen raschen Luftausgleich zu ermöglichen und jeden Feuchtigkeitsniederschlag zu verhindern. Die drei Zuleitungen sind in einer Schlauchleitung in Richtung der Achse wasserdicht so eingeführt, daß sie die Beweglichkeit des Systems nicht behindern. Im Lagerkörper sitzen in kurzem Abstand zwei Kugellager, die auch den Axialdruck aufnehmen und zwischen sich einen Aufnahmeraum für das Schmiermittel lassen, ein besonderes Fett, das von den SSW hierfür geliefert wird. Gegen den Ständer ist der Lagerraum durch mehrere Filzdichtungen abgeschlossen. Der obere Teil des Lagerkörpers trägt Gewinde, auf welches das Tragschild, das in der Mitte in eine Kalotte mit Innengewinde übergeht, aufgeschraubt ist. Gegen unbeabsichtigtes Losschrauben ist das Tragschild durch eine seitliche Sicherungsschraube geschützt. Der ganze Motor enthält keinerlei Öffnungen oder Schraublöcher, außer der Öffnung unten am Ständer und der Durchführung der Welle; letztere wird durch eine mit der Welle umlaufende, übergreifende Kappe gegen Flüssigkeitszutritt geschützt. Die Schmierung reicht erfahrungsgemäß für sehr lange Zeit aus, es ist deshalb auch keinerlei Schmiervorrichtung angebracht. Das untere Ende der Welle trägt den einfachen Käfigläufer ohne jede Stromzuführung.

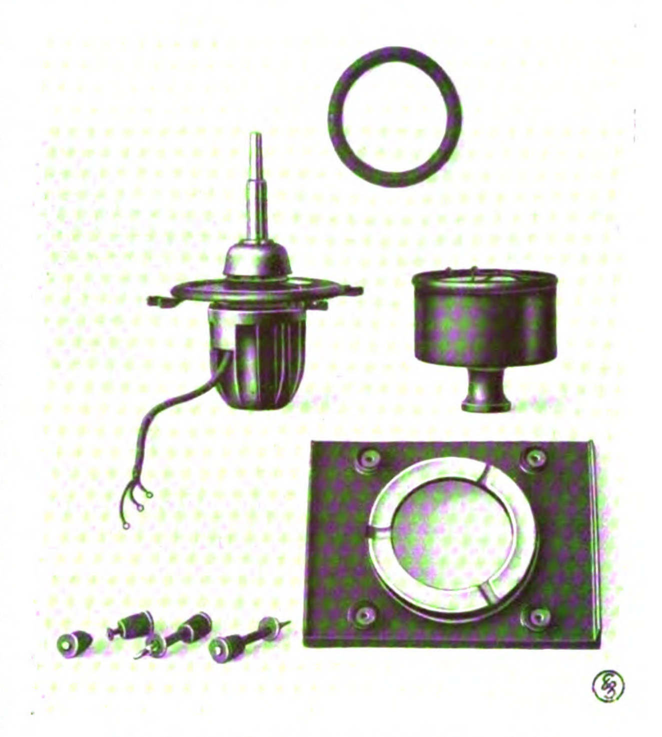


Bild 5. SSW-Spinnzentrifuge, Einzelteile.

Die Welle läuft oben in einen flachen Konus aus, auf dem der Spinntopf direkt oder mit einem Zwischenstück sitzt. Alle äußeren Teile bestehen aus Aluminium und sind außerdem durch einen gut haftenden, säurefesten Lack geschützt. Das Tragschild enthält nahe dem äußeren Umfang eine Ringnut, mit der es sich auf den Gummihohlring stützt, der in einer gleichen Ringnut der Unterlage liegt. Es ist noch eine Einrichtung erforderlich, um die Tangentialkraft aufzunehmen und um ein Herausziehen des Motors — der lose auf dem Gummiring aufliegt — beim Abheben des Topfes zu verhindern. Dazu sind am Tragschild vier Aussparungen

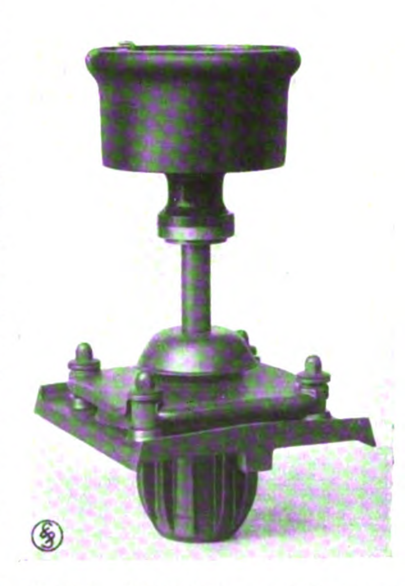


Bild 6. SSW-Spinnzentrifuge mit Zwischenstück.

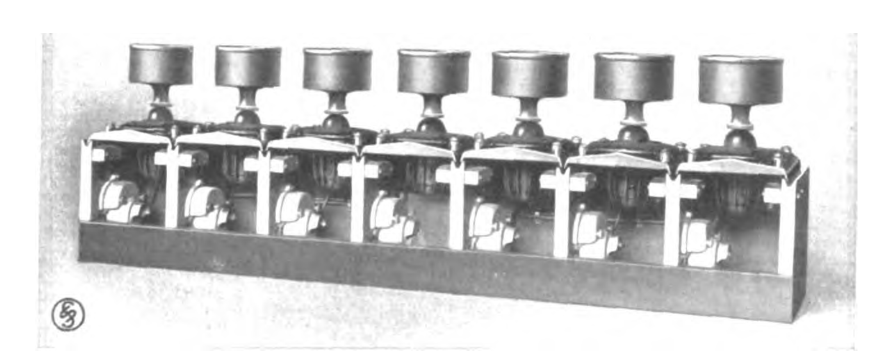


Bild 7. SSW-Spinnzentrifugen ohne Zwischenstück, eingebaut, mit Schaltern (ältere Ausführung).

angebracht, in denen Gummipfropfen und Schraubenbolzen sitzen und die mit einem Flansch über die Aussparung übergreifen. Sowohl seitlich wie in der Höhe haben die Gummipfropfen reichlichen Abstand vom Tragschild, so daß der Motor nach allen Seiten frei beweglich ist. Diese Freibeweglichkeit ist für ein einwandfreies Arbeiten unbedingt nötig. Haben die Gummipuffer zu großen Durchmesser oder wird das Tragschild durch den Flansch der Puffer auf den Gummiring gepreßt, so ist ein ruhiges Arbeiten nicht mehr möglich. Bei einer anderen Ausführungsform fallen die Gummipuffer weg, und der Gummiring ist dafür mit drei Rippen versehen, die in entsprechende Ausfräsungen in der Unterlage und im Tragschild eingreifen und die Tangentialkraft aufnehmen. Die Sicherung gegen Herausheben des Motors wird dann durch feststehende Anschläge erreicht.

Bild 8. SSW-Spinnzentrifuge, Ausführung mit Steckerverschluß.

Die Unterlage, auf der die gesamte Spinnzentrifuge ruht, kann der Spinnmaschine angepaßt werden. Es ist nur erforderlich, daß sie starr mit der Maschine verbunden ist und selbst keine Schwankungen ausführen kann. In Bild 5 und 6 ist sie als dachförmige Aluminiumplatte ausgebildet. Bild 7 zeigt einen Satz von sieben Zentrifugen in dieser Ausführung, Bild 8 eine andere Ausführungsform mit Stromzuführung durch Steckerkontakt, bei der nach Lösen einer Ringmutter über diesem die gesamte Zentrifuge abnehmbar ist. Die leichte Auswechselbarkeit ist dem beschriebenen System infolge seiner Leichtigkeit und losen Verbindung des Motors mit dem Maschinengestell, die keine nennenswerten Kräfte auf dieses überträgt, allgemein eigen und ein nicht zu unterschätzender Vorteil.

Die Spinnzentrifuge ist bis jetzt bis zu einer Drehzahl von 6000 synchron oder etwa 5800 bei Belastung ausgeführt. Höhere Drehzahlen können ohne weiteres ausgeführt werden. Die Höhe der Drehzahl wird durch die Periodenzahl des zugeführten Drehstroms bedingt. Um eine synchrone (Leerlauf)-Drehzahl von 6000 zu erhalten, ist beispielsweise Drehstrom von 100 Perioden erforderlich. Der Verbrauch des Motors ist bei einer Drehzahl von 5800 und einem Spinntopf von etwa 1500 g Gewicht und einem Durchmesser von 160 mm etwa 70 W. Die Vergrößerung des Gewichts, z. B. durch Füllung des Topfes, ändert den Verbrauch nicht merklich. Da der Verbrauch fast ausschließlich Luftreibungsarbeit ist, hängt er natürlich vom Zustand der Mantelfläche des Topfes ab. Das System verträgt eine erhebliche Unbalance des Topfes, ohne das ruhige Arbeiten zu gefährden. Wie aber aus dem Vorhergehenden ersichtlich ist, leistet die Unbalance eine Arbeit — Schwingungsarbeit —, die ihr durch den Motor zugeführt werden muß. Bei dem erwähnten Topf von 160 mm Durchmesser und $n = 5800$ bedingt eine Unbalance von 20 g einen Mehrverbrauch von etwa 8 W. Es ist daher vorteilhaft, im allgemeinen mit austarierten Töpfen zu arbeiten. Der Verbrauch des Motors von etwa 70 W bei einem Topf von 160 mm Durchmesser und einer Drehzahl von etwa 5800 setzt sich zusammen aus etwa 25 W Eigenverbrauch

des Motors und etwa 45 W Verbrauch des Topfes. Es ist nun zu beachten, daß sich der Verbrauch des Topfes mit der dritten Potenz der Drehzahl bei unverändertem Topf und mit der fünften Potenz des Topfdurchmessers bei gleicher Drehzahl ändert. Sowohl größere Drehzahlen als auch größere Topfdurchmesser bedingen deshalb erheblich größere Motoren und entsprechend einen größeren Energieaufwand; beides wird oftmals erfahrungsgemäß bei technischen Überlegungen übersehen.

Die Drehgeschwindigkeit des Topfes hängt — da starke Belastungsänderungen des Motors nicht vorkommen — fast ausschließlich von der Periodenzahl des Netzes ab; da diese bei einigermaßen modernen Maschinen auch bei stark wechselnder Belastung konstant bleibt, müssen auch die Töpfe mit konstanter Geschwindigkeit laufen, und es bleibt ohne Einfluß, ob eine Anzahl Zentrifugen zu- oder abgeschaltet wird. Jeder Motor erhält einen eigenen Schalter, der an geeigneter Stelle der Spinnmaschine angebracht werden kann und erlaubt, jede Zentrifuge einzeln ein- und auszuschalten. Um die Zentrifuge schnell stillzusetzen, wenden die SSW eine elektrische Bremsung an. Der Schalter hierzu ist so eingerichtet, daß er in der Bremsstellung nicht stehen bleiben kann, sondern beim Loslassen von selbst in die Ausschaltstellung zurückgeht. Anlaufzeit und Bremszeit hängen naturgemäß von der Masse des Topfes ab. Der Topf von etwa 1500 g Gewicht läuft in etwa 8 Sekunden auf volle Geschwindigkeit und wird in etwa 5 Sekunden bis zum Stillstand abgebremst.

Asynchrone Frequenzumformer

Von Dipl.-Ing. Blanc, Oberingenieur im Elektromotorenwerk der SSW.

Der Elektromotor ist diejenige Antriebsmaschine, die geradezu prädestiniert ist zur Anwendung hoher Drehzahlen, und zahlreich sind die Anwendungsgebiete besonders in neuerer Zeit, bei denen Motoren von höherer Drehzahl zum direkten Antrieb von gewissen Werkzeugmaschinen gewünscht werden, z. B. auf dem Gebiete der Holzbearbeitungsmaschinen, Poliermaschinen, Spinnmaschinen, Zentrifugen, Gebläseantriebe usw. Mittels eines Kommutatormotors für Gleich- oder Wechselstrom ist es möglich, jede beliebig hohe Drehzahl zu erhalten. Die mechanischen und elektrischen Schwierigkeiten, die mit einem Kommutator und der mit hoher Drehzahl umlaufenden Wicklung verbunden sind, setzen jedoch der Drehzahl nach oben eine Grenze. Der Idealmotor der Elektrotechnik, der Drehstrommotor, besonders der mit Kurzschlußläufer, hat aber eine Drehzahl, die an Polzahl und Frequenz gebunden ist und die für 2 Pole und die normale Frequenz von 50 Per/s. 3000 in der Minute nicht überschreitet. Höhere Drehzahlen lassen sich daher, abgesehen von der Anwendung komplizierter mechanischer Konstruktionen, wie mechanische Kaskaden mehrerer Motoren oder durch Vorgelege, auf keine andere Weise erreichen, als durch Erhöhung der Frequenz des zugeführten Wechselstromes. Diesem Zwecke dient entweder ein besonderer Generator von gewünschter Frequenz oder eine Einrichtung, welche die primäre Frequenz, z. B. 50 in eine andere Frequenz umwandelt. Zu diesen Einrichtungen gehört der asynchrone Frequenzwandler. Sein Aufbau entspricht genau dem eines Drehstrominduktionsmotors mit Schleifringen. Dieser Motor hat auf dem Ständer wie auf dem Läufer je ein Drehstromwicklungssystem. Dem einen Teil, in der Regel dem Ständer, wird der Mehrphasenwechselstrom, meist Dreiphasenstrom von 50 Per/s. zugeführt. Steht der Läufer still, so verhält sich der Motor wie ein stationärer Transformator und es zeigt sich an dessen Schleifringen eine Spannung von E_2 Volt von Primärfrequenz (50 Per/s.), deren Größe gegeben ist durch das Übersetzungsverhältnis der Windungszahlen des Läufers zu denen des Ständers. Der Motor kann an den Schleifringen wie ein Transformator elektrisch belastet werden. Gleichzeitig entwickelt sich an der Welle ein Drehmoment M, das dieser Belastung proportional ist.

$$M = \frac{\sqrt{3}\, E_2\, J_2 \cos\varphi_2}{9{,}81\; 2\pi\, n_s''} \cong \frac{W_{20}}{n_s'},$$

wobei W_{20} die elektrische Stillstandsleistung des Läufers in Watt, allgemein gleich der auch bei Rotation vom Ständer auf den Läufer übertragenen Leistung, n_s'' die sekundliche und n_s' die minutliche Synchrondrehzahl des Drehfeldes.

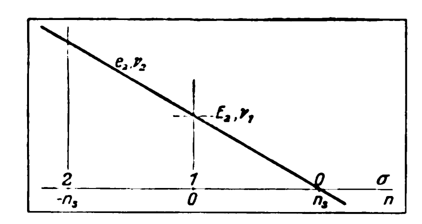


Bild 1. Abhängigkeit der sekundären Spannung und Frequenz von der Drehzahl.

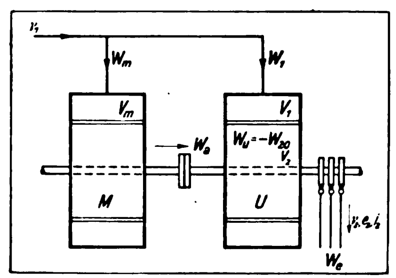


Bild 2. Energieverlauf im Umformersatz bei Frequenzvergrößerung.

Die Richtung dieses Drehmomentes ist im untersynchronen Lauf in der Rotationsrichtung des Drehfeldes, im übersynchronen Lauf gegen diese gerichtet.

Das erzeugte Drehfeld bewegt sich mit Synchrongeschwindigkeit in einer Richtung, z. B. Rechtslauf. Wird nun der Läufer in der gleichen Richtung angetrieben, so wird seine Relativgeschwindigkeit zum Drehfeld und damit seine Frequenz kleiner, ebenso die Läuferspannung. Bewegt sich der Läufer synchron, so ist seine Relativgeschwindigkeit, Frequenz und Spannung gleich Null. Umgekehrt erhöht sich Relativgeschwindigkeit, Frequenz und Spannung, wenn der Läufer entgegengesetzt der Drehfeldrichtung von außen angetrieben wird. Man sieht, daß man auf diese Weise imstande ist, jede gewünschte Frequenz zu erzeugen.

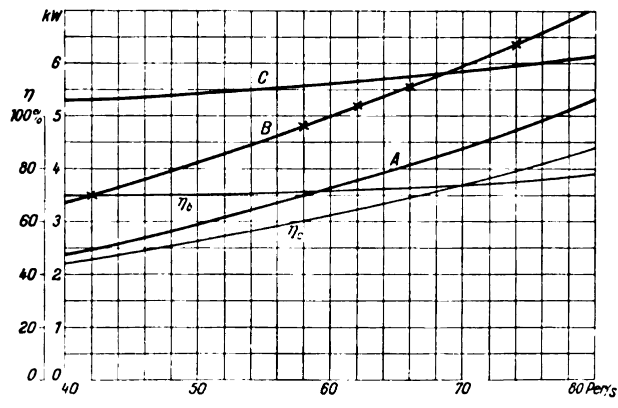


Bild 3. Leistungsaufnahme eines Periodenumformersatzes bei veränderlicher sekundärer Frequenz und Antrieb durch polumschaltbaren Drehstrommotor (Kurve B) und Antrieb durch Schleifringläufermotor (Kurve C).

Nennt man σ den Schlupf des Läufers, n_s die synchrone Drehzahl, n die jeweilige Drehzahl der Umformer, wobei n bei Rotation gegen das Drehfeld mit negativem Wert einzusetzen ist, ν_2 die sekundäre, ν_1 die primäre Frequenz, so ist

$$\sigma = \frac{\nu_2}{\nu_1} = \frac{n_s - n}{n_s} = 1 - \frac{n}{n_s}.$$

Ferner ist die sekundäre Spannung $e_2 = E\sigma$. Das Verhältnis $\frac{e_2}{\nu_2} = \frac{E_2}{\nu_1}$ ist bei konstanter Primärspannung konstant. Das magnetische Feld, das diese sekundäre Spannung in induktivem Verbrauchskörper, wie angetriebene Motoren, erzeugt, bleibt trotz Änderung der Frequenz konstant. Bild 1 zeigt diese Veränderungen.

Der Umformer muß zur Abgabe einer bestimmten Frequenz einen Antrieb erhalten. Dieser braucht aber nicht die ganze sekundäre Leistung des Umformers zu liefern, sondern nur einen Teil, da der Umformer teilweise als Transformator wirkt.

Der Energieverlauf für den Fall einer Frequenzvergrößerung ist im Bild 2 dargestellt.

Der Umformer U wird von einem Netz mit Frequenz ν_1 gespeist und nimmt die Leistung W_1 auf. Im Ständer geht die Leistung V_1 verloren, es wird demnach auf den Läufer die Leistung $W_u = W_1 - V_1$ übertragen. Von dieser geht im Läufer die Leistung V_2 verloren. Nennt man W_2 die elektrische Leistung des Läufers $= V_2 + W_2 = W_{20}\delta$, wo W_{20} dieselbe Leistung bei Stillstand (Umformer als reiner Transformator), so ist $W_{20} = -W_u =$ konstant bei konstant angenommenem Belastungsstrom. Mechanisch erhält der Läufer vom Motor M aus die Leistung W_a zugeführt, so daß die sekundäre Leistung $W_e = W_u - V_2 + W_a$ sein muß.

Im Motor geht die Leistung V_m verloren, so daß das Netz dem Motor die Leistung $W_m = W_a + V_m$ liefern muß. Das Netz liefert also insgesamt die Leistung $W_1 + W_m$ und der Wirkungsgrad des Maschinensatzes ist

$$\eta = \frac{W_e}{W'_1 + W_m}.$$

Die Effektverteilung zwischen W_1 und W_a im Umformer ändert sich nun mit der Drehzahl bzw. mit dem Verhältnis der sekundären Frequenz ν_2 zur primären Frequenz ν_1. Im Bild 3 ist die Effektverteilung für verschiedene Drehzahlen und Frequenzen aufgetragen. Die

Linie W_m für die Leistungsaufnahme des Motors aus dem Netz gilt hier nur für einen Motor mit angenommenem konstanten Verlust bei konstantem Drehmoment z. B. näherungsweise für polumschaltbare Motoren.

Bezüglich des Verlaufes der Energieströmung kann man drei Gebiete unterscheiden, das übersynchrone und zwei untersynchrone, wobei einmal der Läufer in Feldrichtung und das andere Mal gegen die Feldrichtung läuft. Die Pfeilrichtungen in den Skizzen über den Schaulinien kennzeichnen die Strömungsrichtung der elektrischen bzw. mechanischen Energien. Es sei zunächst angenommen, daß die vom Umformer betriebenen Motoren infolge ihrer mechanischen Antriebsverhältnisse unabhängig von ihrer Drehzahl bzw. von ihrer zugeführten Frequenz ein konstantes Drehmoment abgeben müssen. Da das magnetische Feld bei der gleichzeitigen Frequenz und Spannungsänderung auch konstant bleibt, bleibt auch der Strom, den der Umformer abzugeben hat, konstant. Da die Spannung proportional dem Schlupf ist, ist die sekundäre Leistung W_2 proportional dem Schlupf σ. Mit dem konstanten Strom im Läufer des Umformers und dessen konstantem Feld, bleibt auch der primäre Ständerstrom des Umformers konstant, d. h. daß der Ständer des Umformers ganz unabhängig von der sekundären Frequenz immer dieselbe elektrische Leistung W_u auf den Läufer überträgt und dem Netz die um den Ständerverlust V_1 vermehrte konstante Leistung W_1 entnimmt oder in ihn zurückführt. Der ganze Überschuß oder Fehlbetrag an der benötigten sekundären Leistung muß deshalb als mechanische Abgabe oder Aufnahme W_a an der Welle ausgeglichen werden. Im ersteren Falle (das Gebiet zwischen $\sigma = 0$ bis 1) arbeitet der Umformer als Motor, W_a wird abgegeben (positiv) und der Antriebsmotor muß diese Leistung aufnehmen. Er muß also als übersynchron angetriebener Asynchron-Generator wirken, der die zugeführte Leistung an das Netz zurückgibt. Im zweiten Falle (das Gebiet für σ negativ und $\sigma > 1$) liefert der Motor als Motor mechanisch zusätzliche Leistung an den Umformer, W_a negativ in Bild 3. Die sekundäre elektrische Leistung W_e ist immer Abgabe, also positiv. Die an der Welle abgegebene oder aufgenommene Leistung W_a wechselt bei $n = 0$ und Synchronismus ihre Richtung, die primäre Leistung W_1 nur bei Synchronismus.

Übersynchron ($n > n_s$, σ negativ) arbeitet der Umformer als Asynchron-Generator, da er mechanische Leistung an der Welle aufnimmt und elektrische an das Netz abgibt. Dieser Fall dürfte aber für die Benutzung als Frequenzwandler kaum von Bedeutung sein. Es kommt vielmehr hierfür nur das untersynchrone Gebiet (σ positiv) in Frage.

Da $W_{20} = - W_u$ konstant ist und dieser gleich $W_a + W_2$ ist, so muß W_a abnehmen, wenn infolge erhöhter sekundärer Frequenz und Spannung W_2 zunimmt.

Das Gebiet zwischen $\sigma = a$ bis b ist unter der Voraussetzung des Diagrammes eines konstanten sekundären Belastungsstromes nicht realisierbar, da dieser Strom wegen des inneren Widerstandes des Umformers nicht erhalten werden kann.

Es ist ein Übergangsgebiet von einem Betriebszustand in den anderen mit entsprechenden Zwischenwerten.

Die Änderung der Drehzahl des Frequenzwandlers kann nun auf verschiedene Weise erreicht werden.

1. Durch Antrieb des Umformers mittels eines im Felde regelbaren Gleichstrommotors. Mittels eines solchen können bei gutem Wirkungsgrade feinstufige stabile Frequenzen erzielt werden. Nur erfordert eine derartige Umformeranlage, daß sowohl Gleichstrom für den Motor als Drehstrom für den Umformer zur Verfügung steht.

2. Durch einen regelbaren Schleifringläufermotor. Der Wirkungsgrad ist entsprechend dem Schlupfverlust im Regelanlasser schlecht und die Drehzahl hängt von der Belastung ab.

3. Durch polumschaltbare Drehstrommotoren mit Kurzschlußläufer.

Der Wirkungsgrad ist gut, die Frequenz kann aber nur in plötzlichen Sprüngen ohne Feinregelung geändert werden.

4. Verlustlos durch Bürstenverschiebung regelbare Drehstrom-Kommutatormotoren. Der Wirkungsgrad ist relativ gut, aber die Anlagekosten sind hoch.

Wegen seiner günstigen Betriebsverhältnisse und Einfachheit nimmt deshalb der polumschaltbare Drehstrommotor wohl die erste Stelle ein.

Größenverhältnisse und Wirkungsgrad sollen im folgenden für die beiden praktisch wichtigsten Fälle 2 und 3 einer näheren Betrachtung unterzogen werden. Die Größe eines Frequenzumformers und dementsprechend sein Preis ergibt im Vergleich zu einem Motorgenerator sehr günstige Verhältnisse. Die Größe jeder elektrischen Maschine ist im wesentlichen dem mechanischen Drehmoment verhältnisgleich, das auf den Läufer übertragen und an der Welle frei wird. Gegeben ist die verlangte Leistung W_2 bei der Frequenz ν_2.

1) Für einen Motorgenerator ist das Moment an der Welle

$$M = \frac{W_2}{n_g} = \frac{W_2 p_g}{\nu_2}.$$

Nennt man die Größe beider Maschinen (Motor und Generator) G_1, so ist

$$G_1 \cong 2\frac{W_2}{n_g} = 2\frac{W_2 p_g}{\nu_2}.$$

2) Im Periodenumformer ist

$$M = \frac{W_{s0}}{n_s} = \frac{W_2}{n_s \sigma} = \frac{W_2 p_u}{\nu_2} = \frac{W_2(1-\sigma)}{n\ \sigma}$$
$$= \frac{W_2}{n}\left(\frac{\nu_1}{\nu_2} - 1\right)$$

im Umformer und

$$M = \frac{W_a}{n} = \frac{W_2}{n}\frac{1-\sigma}{\sigma} \text{ im Motor.}$$

Daher das Gesamtgewicht

$$G_2 \cong 2\frac{W_2}{n}\left(\frac{\nu_1}{\nu_2} - 1\right).$$

Das Verhältnis

$$\frac{G_2}{G_1} = \left(\frac{\nu_1}{\nu_2} - 1\right)\frac{n_g}{n} = \frac{p_u}{p_g}.$$

Das Größenverhältnis beider Maschinensätze ist also zunächst in jedem Falle einfach gleich dem Verhältnis der Polzahlen des Umformers zum besonderen Generator.

Z. B. ein zweipoliger Umformer liefert bei 50 prim. Per/s. und 1500 Umdr/min. gegen das Drehfeld 75 Per/s., ebenso wie ein 6poliger Generator bei 1500 Umdr/min., aber ersterer hat nur ein Drittel der Größe des letzteren.

Auch ein 4poliger Generator gibt bei 2250 Umdr/min. 75 Per/s. Dann ist z. B.

$$\frac{G_2}{G_1} = \left(\frac{50}{75} - 1\right)\frac{2250}{1500} = -0{,}5 = \left(\frac{2}{4}\right).$$

Dann wäre der Umformer von halber Größe wie der Motorgenerator.

Vergleicht man die Größen unter Grundlage gleicher Drehzahl

$$n_g = n, \text{ so ist } \frac{G_2}{G_1} = \frac{\nu_1}{\nu_2} - 1 = \frac{1-\sigma}{\sigma}.$$

Für $\sigma = 0{,}5$ oder $\nu_2 = \frac{\nu_1}{2}$ z. B. 25 Per. wäre $G_2 = G_1$.

Für $\sigma = 1$ oder $\nu_2 = \nu_1$ oder $n = 0$ wäre $\frac{G_2}{G_1} = 0$, nicht weil G_2 Null sein könnte, sondern weil G_1 als theoretischer Fall für $n = 0$ unendlich sein müßte. Je größer ν_2 gegen ν_1 wird, je höher also die Frequenzvergrößerung getrieben wird, desto mehr nähert sich $\frac{\nu_1}{\nu_2} - 1$ der Einheit und $\frac{G_2}{G_1}$ dem Wert $\frac{n_g}{n}$, d. h. Größen umgekehrt proportional den Drehzahlen.

Die geringere Größe läßt auch auf geringere Verluste für die gleiche effektive Leistung W_e an den Schleifringen schließen. In der Tat ist der Wirkungsgrad wesentlich besser als beim Motorgenerator. Bei letzterem ist der Gesamtwirkungsgrad $\eta = \eta_m \eta_g$, wenn η_m der Wirkungsgrad des Motors allein und η_g derjenige des Generators. Beim Wirkungsgrad des Periodenumformers muß man die Antriebsweise durch regelbaren Schleifringmotor oder durch Kurzschlußläufermotor unterscheiden, welch letzterer zur Erzielung verschiedener Drehzahlen polumschaltbar gemacht werden kann.

Da das Belastungsdrehmoment des Motors durch den Umformer konstant ist, so nimmt der Schleifringläufermotor, wenn dessen Drehzahl durch Einschaltung von Widerständen geregelt wird, einen konstanten Strom und konstante Leistung W_m vom Netz auf, unabhängig von Drehrichtung und Drehzahl. Auch W_1 ist konstant, wie wir gesehen haben, daher ist der Wirkungsgrad des Motors:

$$\eta = \frac{W_e}{W_1 + W_m},$$

hieraus läßt sich der Wirkungsgrad des Umformersatzes ableiten zu

$$\eta_c = \frac{\sigma - \frac{V_2}{W_{20}}}{\frac{1}{\eta_1} + \frac{1-\sigma_m}{\eta_m} \frac{p_u}{p_m}} \quad \text{(vgl. Bild 4)},$$

η_c steigt und fällt hiernach linear mit σ bzw. der sekundären Frequenz ν_2. Hierbei ist noch η_1 der elektrische Wirkungsgrad des Ständers des Umformers allein, $\eta_1 = \frac{W_u}{W_1}$, η_m und σ_m Wirkungsgrad und Normalschlupf des Motors bei seiner vollen Drehzahl, also bei kurzgeschlossenem Anlasser, p_u und p_m die Polzahlen an Umformer und Antriebsmotor. Hierbei ist zu bemerken, daß ein solcher Antrieb keine andere Drehzahlregelung zuläßt als innerhalb der Werte

$$\sigma = \frac{V_2}{W_{20}} \text{ bis } 1 + \frac{p_u}{p_m}.$$

Deshalb steigt der Wirkungsgrad im besten Falle bis

$$\eta_c = \frac{1 + \frac{p_u}{p_m} - \frac{V_2}{W_{20}}}{\frac{1}{\eta_1} + \frac{(1-\sigma_m)}{\eta_m} \frac{p_u}{p_m}} \quad \text{(vgl. Bild 4)}.$$

Das gibt zweifellos sehr hohe Werte bei den höchsten einstellbaren Frequenzen, besser als es bei einem Motorgenerator möglich ist.

Allerdings fällt der Wirkungsgrad rasch bei kleineren Frequenzen linear mit diesen, so daß dieses Regelsystem nicht zu empfehlen wäre, wenn längere Zeit mit kleinen Frequenzen gefahren werden soll. Bessere Verhältnisse ergeben sich beim Antrieb durch polumschaltbare Drehstrommotoren. Hier gelangt man für den Wirkungsgrad zu dem Ausdruck

$$\eta_b = \frac{\sigma - 1 + \eta_2}{\sigma - 1 + \frac{1}{\eta_1} + \frac{V_m}{W_{20}}} \quad \text{(vgl. Bild 3 u. 4)}.$$

Hierbei bedeutet η_1 den elektrischen Wirkungsgrad des Ständers des Umformers allein $\eta_1 = \frac{W_u}{W_1}$ und η_2 den Wirkungsgrad des Läufers allein im Stillstand

$$\eta_2 = \frac{W_u - V_2}{W_u} = 1 - \frac{V_2}{W_u}.$$

W_{20} ist nach Voraussetzung konstant und V_m kann bei polumschaltbaren Motoren ebenfalls konstant angenommen werden, da es sich ja um einen Motor für konstantes Drehmoment ohne Widerstandsregelung handelt. Es ist leicht zu erkennen, daß η mit wachsendem σ immer

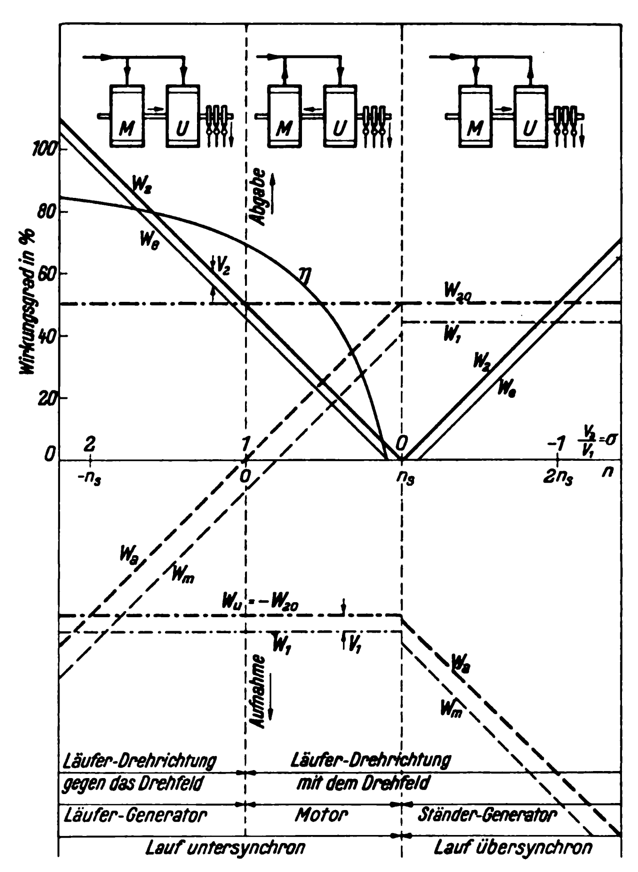


Bild 4. Effektverteilung im Umformer und Motor bei veränderlichen Drehzahlen und unveränderter Frequenz.

größer werden und sich hyperbelartig asymptotisch 100% nähern muß. Es ist jedenfalls ohne weiteres einleuchtend, daß auch dieser Wirkungsgrad bei Werten für σ größer als 1 größer sein muß als der Wirkungsgrad eines Motorgenerators und bei Regelung auch besser als beim Antrieb durch geregelte Schleifringläufermotoren.

An einem Beispiel seien die Verhältnisse einer solchen Ausführungsform gezeigt. Der Umformer sei zweipolig und wird von einem vierfach polumschaltbaren Motor angetrieben, der 2 Wicklungssysteme trägt, von denen jedes auf 2 Polzahlen im Verhältnis 1 : 2 eingeschaltet werden kann, so daß die Polzahl p_m des Motors = 4, 6, 8, 12 Pole eingerichtet werden kann.

Die sekundäre Frequenz ist $\nu_2 = \nu_1 \pm n p_u = \nu_1 \left(1 \pm \frac{p_u}{p_m}\right)$. Infolgedessen sind folgende Leerlauffrequenzen möglich

50 $\pm$ 25; 16,66; 12,5; 8,33
oder = 25; 33,3; 37,5; 41,7; 58,3; 62,5; 66,6; 75.

Bei Belastung des Umformers fällt ν_2 in allen

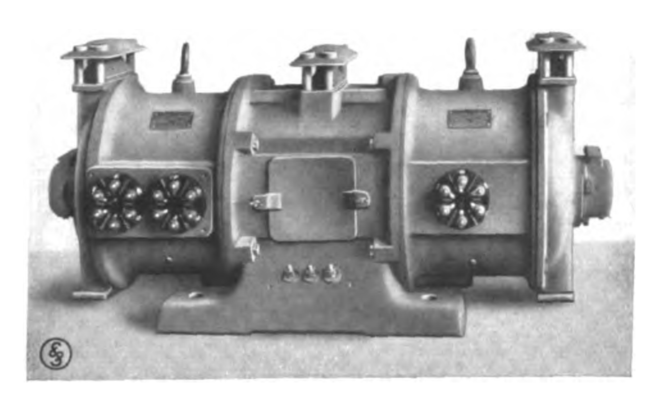


Bild 5. Frequenzumformersatz in einem Gehäuse.

Fällen etwas ab. Hierzu kommt noch die primäre Frequenz (50) selbst, die durch Stillstand (Festbremsen) des Umformers erhalten werden kann. Man könnte also hiermit 9 verschiedene Frequenzen herstellen. Mittels einer zweckentsprechend eingerichteten Steuerwalze können diese Schaltungen ohne Irrtum rasch aufeinanderfolgend erhalten werden.

Bild 3 zeigt ein Belastungsdiagramm eines solchen Umformers als Funktion der sekundären Frequenz, wobei die Belastung aus 84 Spinnflügelmotoren und ein Streckwerkmotor eines elektrischen Spinnstuhles nach dem System Dr. Schneider bestand. Die Kurve A ist die sekundäre Leistungsabgabe, die Kurve B die Leistungsentnahme vom Netz, wenn ein polumschaltbarer Motor, wie oben geschildert, als Antrieb verwendet wird. Die angekreuzten Werte sind diejenigen, welche, natürlich nur sprungweise, erhalten werden können.

Zum Vergleich ist in Kurve C noch die Leistungsaufnahme dargestellt, wenn der Umformer von einem durch Widerstände geregelten Schleifringmotor gesteuert wird. Die feinstufige Regelungsmöglichkeit ist hierbei gewiß ein Vorteil, aber der Wirkungsgrad ist bei Regelung infolge der im Regelanlasser auftretenden Verluste schlechter und die Leistungsentnahme aus dem Netz höher. Während A etwa proportional der Frequenz zunimmt, liegt B um etwa konstanten Wert darüber, C dagegen ist fast konstant unabhängig von der Regelung. Die Wirkungsgradkurven η_b und η_v geben das Verhalten des Umformers in ungefährer Übereinstimmung mit den vorher entwickelten Gleichungen.

Eine Ausführungsform eines Frequenzumformersatzes in einem Gehäuse zeigt Bild 5. Der Umformer hat nur eine Welle mit 2 Kugellagern und leistet bei 1440 Umdr/min 8 kVA bei 74 Per/s. Der Motor links ist vierfach polumschaltbar mit je einem Klemmenbrett je umschaltbarem Wicklungssystem, der Umformer zweipolig. Das Klemmenbrett mit 6 Klemmen rechts (die Schutzdeckel sind abgehoben) ist für die Ständererregung, die 3 Klemmen am Mittelteil gehen zu den Schleifringen für die Abnahme des sekundären Belastungsstromes.

Die Beleuchtung in der Textilindustrie

Von Dipl.-Ing. Eberhard Baltz, Abteilung Industrie der SSW.

Wie in allen Industrieanlagen, so ist auch in denjenigen der Textilindustrie die Frage der zweckmäßigsten Beleuchtung von ausschlaggebender Bedeutung für den wirtschaftlichen Erfolg. Unzweckmäßige Einrichtungen bringen manchen Nachteil, ja Gefahren mit sich. Die Folge schlecht gewählter Beleuchtungseinrichtungen ist zuerst einmal, daß der bei der Erzeugung Tätige an seinem Arbeitsplatze nicht in der Lage ist, von seinen Werkzeugen den besten Gebrauch zu machen. Dieser Nachteil wird noch dadurch vermehrt, daß der Arbeiter bei seinen Verrichtungen wegen schlechter Erkennungsmöglichkeit eine erhöhte Aufmerksamkeit aufwenden muß. Hierdurch tritt eine vorzeitige Ermüdung ein, wodurch die Produktion weiter vermindert wird. Eine schlechte Beleuchtungsanlage ist jedoch nicht nur produktionshindernd, sie gefährdet weiter Leben und Gesundheit des Arbeitenden dadurch, daß sie ihn hindert, die in jedem Betriebe vorhandenen, in mannigfaltiger Gestalt auftretenden Gefahren zu erkennen. Gesundheitsschädliche, ja lebensgefährliche Unfälle sind die Folgen.

Hieraus ist zu ersehen, daß jeder Fabrikbetrieb schon aus Gründen der Erzielung höchster Produktionsziffern in Verbindung mit der Fürsorge für das Wohl der in ihm Tätigen alle Ursache hat, der Frage der Beleuchtung seine ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Das gilt

in jedem Falle, sowohl bei schon bestehenden Anlagen als auch bei noch zu errichtenden.

Der schwierigste und zugleich auch heute noch am meisten einer gründlichen Beachtung bedürfende Punkt ist die Frage der Beleuchtung der Arbeitsräume. Hier kann nach verschiedenen Verfahren vorgegangen werden, entweder dadurch, daß eine die ganze Werkstatt umfassende sogenannte „Allgemeinbeleuchtung" vorgesehen wird, oder dadurch, daß für jeden Arbeitsplatz eine besondere Beleuchtungseinrichtung geschaffen wird. Im lezteren Falle würde es dann erforderlich sein, zur Erleichterung des Verkehrs außerdem noch eine Allgemeinbeleuchtung vorzusehen, die an Umfang jedoch weit unter derjenigen liegt, die sich bei ihrer ausschließlichen Anordnung ergibt.

Für Textilbetriebe würde es sich nun in bezug auf die Betriebsräume zuerst darum handeln, zu entscheiden, ob eine Allgemeinbeleuchtung anzuwenden ist, oder ob jeder Arbeitsplatz, beispielsweise in Webereien jeder Webstuhl, mit einer einzelnen Lampe ausgerüstet werden soll. (Die Weberei ist in Textilanlagen derjenige Betrieb, der auf den ersten Blick mehr als jeder andere dazu Veranlassung geben könnte, eine „Arbeitsplatzbeleuchtung" vorzusehen.) Zu dieser Frage ist allgemein folgendes zu sagen: Die Beleuchtung jedes Arbeitsplatzes für sich würde die größte Zahl von Lampen erfordern, wobei gleichzeitig die für jede Arbeitsmaschine vorzusehenden Lampen verhältnismäßig kleine Kerzenstärken aufweisen. Die für Allgemeinbeleuchtung vorzusehenden großen Lampen sind jedoch in der Lichtausbeute wesentlich wirtschaftlicher, als die vorerwähnten kleinen Lampen, sie gebrauchen also je Kerze weniger Watt. Als Gesamtergebnis wird sich zeigen, daß die Allgemeinbeleuchtung hinsichtlich der Kosten höchstens auf gleicher Höhe steht wie die Platzbeleuchtung, in den meisten Fällen sich jedoch ein noch billigerer Betrieb, und zwar um etwa 25 bis 50% der Wattleistung, ergibt. Ein Beispiel hierfür ist weiter unten angegeben. Dieser Punkt im Verein mit der Tatsache, daß bei ausschließlicher Anwendung von Allgemeinbeleuchtung die Verteilung der Beleuchtungsenergie sich wesentlich einfacher und übersichtlicher gestaltet, führt zu der Schlußfolgerung, daß für Textilbetriebe möglichst Allgemeinbeleuchtung zu wählen ist, bzw. daß diese in den meisten Fällen zu dem erwünschten Ergebnis führt. Die Frage, wo Platzbeleuchtung vorzusehen ist, muß von Fall zu Fall entschieden werden. Im zutreffenden Sinne wird das unter Umständen in einer Weberei der Fall sein, die mit Jacquardstühlen besetzt ist.

Weiter wäre jetzt zunächst zu untersuchen, welche Leuchten für Textilbetriebe zweckmäßigerweise in Anwendung zu bringen sind, wobei als Voraussetzung festgestellt werden soll, daß heute nur noch eine Beleuchtung mit Metallfadenlampen in Frage kommt, während die Bogenlampe als überholt zu betrachten ist. Die verschiedensten Anforderungen, die an die Beleuchtungskörper und Lampen gestellt werden müssen, sind einmal gekennzeichnet durch die in den verschiedenen Arbeitssälen erforderliche Lichtstärke und Lichtverteilung, ferner noch dadurch, ob es sich um feuchte oder trockene Räume handelt, in denen die Armaturen zur Aufhängung kommen sollen. Weiter ist es in Textilbetrieben besonders wichtig, daß die wegen der Staubentwicklung stark der Verschmutzung ausgesetzten Leuchten leicht gereinigt werden können.

Zuerst muß jede Beleuchtung der Forderung entsprechen, daß es in den Betriebsräumen hell genug ist. Diese Forderung ist nicht damit erfüllt, daß die genügende Anzahl Glühlampen installiert wird. Hierdurch würde zwar die erforderliche Lichtmenge vorhanden sein, es kann jedoch der Fehler auftreten, daß diese Lichtmenge nicht in genügender Weise zur Wirkung kommt. Um hier gesichert zu sein, muß eine Leuchte angewendet werden, welche die von der Glühlampe ausgesandte Lichtmenge durch ihre zweckentsprechende Konstruktion dorthin leitet, wo sie gebraucht wird. Bei der direkten Beleuchtung wird dieser Zweck dadurch erreicht, daß durch die Form des Leuchtkörpers und durch seine Oberflächenbeschaffenheit der Lichtstrom direkt zur Verwendungsstelle, beispielsweise auf die Arbeitsmaschine, geleitet wird. Bei der sogenannten halbindirekten und ganzindirekten Beleuchtung zieht man hierzu weiter die Raumdecke und die Wände heran. Das geschieht dadurch, daß die Leuchten den Lichtstrom teilweise oder ganz nach oben austreten lassen, worauf er von der Decke auf die Arbeitsstelle zurückgeworfen wird. Die Wände wirken hierbei unterstützend. Die in jedem Falle zur Anwendung gebrachte

Reflektionswirkung, entweder durch Benutzung der Leuchte allein (direkte Beleuchtung) oder unter Zuhilfenahme der Decke (halbindirekte oder ganzindirekte Beleuchtung) zeigt, daß der Beschaffenheit der reflektierenden Flächen ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden muß.

Bezüglich der Lichtstärke ist folgendes zu sagen:

1. Die Verarbeitung dunkler Stoffe bzw. Rohmaterialien erfordert eine größere Beleuchtungsstärke, als sie dann erforderlich ist, wenn helle Stoffe verarbeitet werden. Beispielsweise werden in Webereien sowohl weiße als gefärbte Garne verwebt.
2. Die Stärke der Beleuchtung muß sich nach dem Grade der Feinheit der Arbeiten richten, die auszuführen sind. An dieser Stelle soll hierzu beispielsweise erwähnt werden, daß es selbstverständlich in der Ringspinnerei, wo Fäden angesetzt und andere feine Arbeiten ausgeführt werden müssen, heller sein muß als im Ballenbrecherraum.

Diese Forderungen führen dazu, bezüglich der Beleuchtungsstärke gewisse Normen aufzustellen, welche die in den einzelnen Betriebsräumen vorzusehende mittlere Beleuchtungsstärke erfassen. Gute Ergebnisse wird man erzielen, wenn man in Spinnsälen und Websälen, in denen weißes Material verarbeitet wird, als mittlere Beleuchtungsstärke etwa 40—60 Lux vorschreibt. Kommen jedoch dunklere Garne in Frage, so wird man besser tun, diese Werte heraufzusetzen und mit einer mittleren Lichtstärke von 60—90 Lux zu arbeiten. In den Vorbereitungsräumen kann die Beleuchtungsstärke gegebenenfalls entsprechend geringer sein und erscheint oft mit 30—40 Lux als mittlerem Wert ausreichend bemessen. Darunter sollte man jedoch in keinem Falle gehen. Die „Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft" hat ferner Mindestwerte festgelegt, die an keiner Stelle des Arbeitsraumes, an der für die Vornahme von Arbeiten Beleuchtung erforderlich ist, unterschritten werden sollten. Die genannte Gesellschaft gibt für Spinn- und Websäle, in denen helle Garne verarbeitet werden, 20 Lux, bei farbigen Garnen 30 Lux als solche Mindestwerte an.

Ein Fehler, der bei Beleuchtungsanlagen auftreten kann, ist der, daß die Beleuchtung selbst wohl ausreichend stark, aber sehr ungleichmäßig ist. Verursacht wird dieser Fehler durch unzweckmäßige Verteilung der Leuchten, durch ihre Anbringung in zu großen Abständen, oder überhaupt durch Anwendung von im besonderen Falle nicht geeigneten Leuchten. Hierdurch entsteht der Übelstand, daß einmal die Arbeitsmaschinen ungleichmäßig erhellt sind, weiter, daß sich harte Schlagschatten bilden, die den Arbeiter an der restlosen Ausnutzung seiner Arbeitsmaschinen hindern.

Vor allem aber kann eine an sich genügend starke Beleuchtungsanlage dadurch vollkommen unwirksam sein, daß der Arbeiter durch Blendung in seinen Verrichtungen gestört wird. Dieser Fehler kann zwei Ursachen haben, deren erste kurz durch die Verwendung von unzweckmäßigen Beleuchtungskörpern gekennzeichnet ist. Eine solche Leuchte kann dadurch, daß der austretende Lichtstrom zu wenig zerstreut wird oder die Glühlampe überhaupt nicht abgeblendet ist, wegen der dann auftretenden zu großen Leuchtdichte den Arbeiter blenden. Weiter können Blendungserscheinungen dadurch auftreten, daß an sich zweckmäßige Leuchten nicht in zweckentsprechender Höhe aufgehängt werden.

Es sollen jetzt zunächst diejenigen Leuchten besprochen werden, die für die Verwendung in Textilfabriken besonders zweckmäßig sind.

Zuerst ist da die *Innenraum-Luzette* zu nennen, die für allgemeine Beleuchtung vorwiegend in Frage kommt. Am zweckmäßigsten ist es für Textilbetriebe, wenn weiße Decken und Wände vorhanden sind, deren Reflektionswirkung zur Verteilung des Lichtes mit herangezogen wird, die Luzette in ihrer *Ausführung für halbindirekte Beleuchtung* nach Bild 1 anzuwenden. Hierbei ist der Lampenkörper so ausgebildet, daß das Unterglas aus opalüberfangenem, das Oberglas aus seidenmattem Glase hergestellt ist. Die rechte Hälfte des Bildes 1 erläutert die Wirkungsweise dieser Leuchte. Die gestrichelte Kurve zeigt den von der nackten Glühlampe ausgestrahlten Lichtstrom, die ausgezogene denjenigen der Leuchte. Wie das letztere Bild zeigt, wird ein großer Teil des Lichtes nach oben geworfen. Diese Erscheinung wird verursacht durch die Verwendung hierfür geeigneter Glassorten und eine zweckentsprechende Ausbildung der Gläser. Hierzu ist erläuternd noch zu bemerken, daß

das opalüberfangene Glas reflektiert, während das seidenmatte Glas durchlässig ist. Um den nach oben geworfenen Teil des Lichtstromes für die Beleuchtung der Arbeitsplätze nutzbar zu machen, ist es erforderlich, hierzu die Decke des Raumes heranzuziehen. Durch einen hellen Anstrich, der nach den Gesichtspunkten eines gut geleiteten Betriebes sauber zu halten und von Zeit zu Zeit zu erneuern ist, ist dafür zu sorgen, daß der nach oben gesandte Lichtstrom reflektiert und wieder nach unten geworfen wird. Helle bzw. weiße Wände sind im Verein hiermit gleichfalls geeignet, für die Arbeitsräume eine Beleuchtung zu schaffen, die durch gleichmäßige Lichtverteilung bei Vermeidung von Schlagschatten gekennzeichnet ist.

Eine weitere außerordentlich für Textilbetriebe geeignete Leuchte ist die staubdichte Innenraumleuchte für halbindirekte Beleuchtung nach Bild 2. Das rechts von der Leuchte dargestellte Bild der Lichtverteilung zeigt in der stark ausgezogenen Kurve deutlich die Wirkungsweise, die dadurch gekennzeichnet ist, daß ein großer Teil des Lichtstromes, und zwar noch mehr als bei der Leuchte nach Bild 1, gegen die Decke geworfen wird. Die Breitenwirkung ist noch etwas größer als bei der Leuchte nach Bild 1, so daß es möglich ist, falls erforderlich, die Leuchten bei entsprechender Raumhöhe in ziemlich großen Abständen aufzuhängen.

In Fällen, in denen es nicht möglich ist, eine genügende Reflektionswirkung der Decke zu erreichen, kann man eine sehr gute Beleuchtung durch Verwendung von Innenraum-Luzetten für direkte Beleuchtung erzielen. Diese Luzette unterscheidet sich von derjenigen für halbindirekte Beleuchtung nach Bild 1 dadurch, daß die Materialien, aus denen Ober- und Unterglas bestehen, vertauscht sind. Bei diesen Leuchten ist nämlich das Oberglas opalüberfangen, während das Unterglas seidenmatt ausgeführt ist. Die in Bild 3 dargestellte Luzette für direkte Beleuchtung wirft infolge der angewendeten Glassorten das Licht zum größten Teil nach unten, wie aus der rechts von der Leuchte gezeigten Kurve der Lichtverteilung zu erkennen ist. Solche Leuchten sind dann vorzuziehen, wenn, wie bereits zum Ausdruck gebracht ist, die Decke zur Erzielung einer Reflektionswirkung nicht mit herangezogen

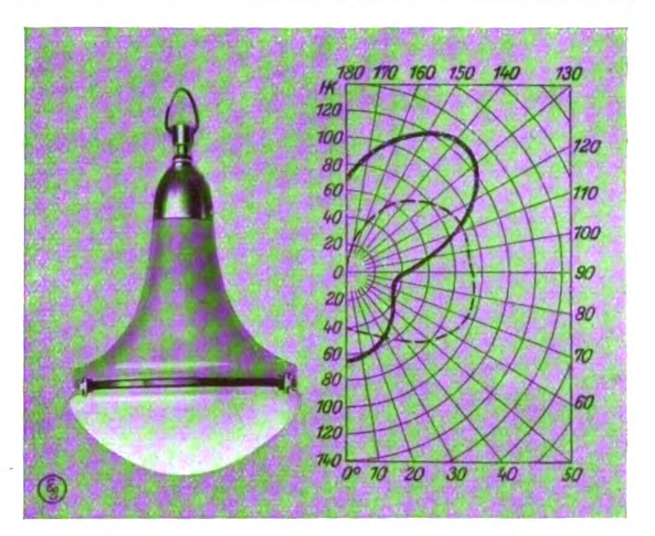


Bild 1. Innenraumluzette für halbindirekte Beleuchtung.
Lichtverteilung: ---- nackte Lampe, ——— Leuchte.

werden kann, beispielsweise wenn im Raum umfangreiche Oberlichter aus Glas vorhanden sind, oder wenn die Decke vorwiegend aus Eisenkonstruktion besteht, bzw. in Shedbauten, wo bei halbindirekter Beleuchtung mit einem größeren Lichtverlust durch die Fenster zu rechnen ist. Bild 4 zeigt einen mit Leuchten nach Bild 3 installierten Ringspinnsaal.

Die Innenraumluzette für direkte Beleuchtung wird vorwiegend dort angewandt, wo die Raumhöhe es gestattet, sie so hoch aufzuhängen, daß sie oberhalb der normalen Blickrichtung liegt und infolgedessen nicht durch Blendung stören

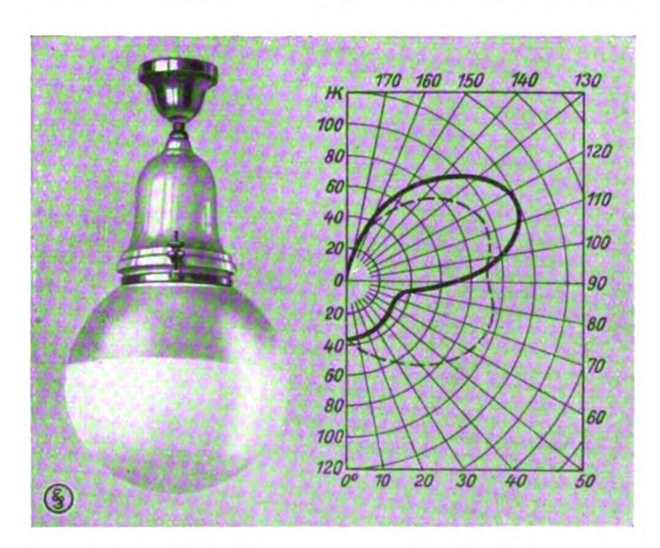


Bild 2. Staubdichte Innenraumleuchte für halbindirekte Beleuchtung.
Lichtverteilung: ---- nackte Lampe, ——— Leuchte.

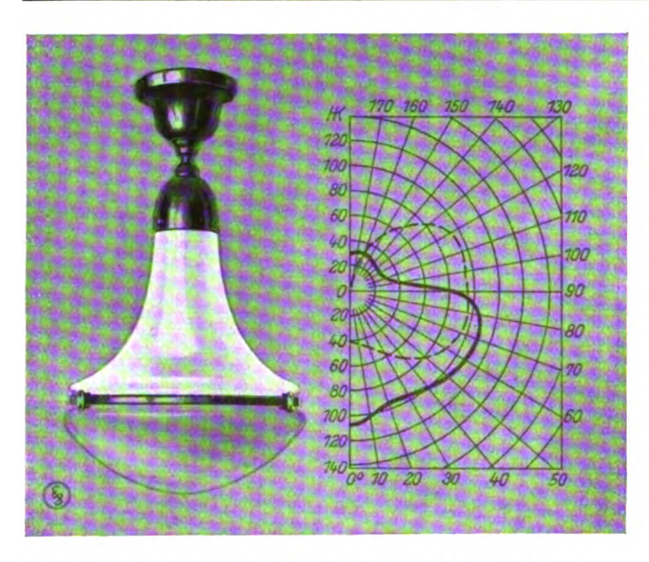


Bild 3. Innenraumluzette für direkte Beleuchtung.
Lichtverteilung: ---- nackte Lampe, ——— Leuchte.

kann. Hierbei wird gleichzeitig der Vorteil erreicht, daß sich eine größere Anzahl von Lichtkegeln überschneiden. Hierdurch wird eine große Gleichmäßigkeit der Beleuchtung erzielt. Ferner werden die Schatten aufgehellt, so daß sie nicht mehr störend wirken.

Die bisher beschriebenen Leuchten sind außerordentlich geeignet für Räume, in denen es auf eine möglichst helle und gleichmäßige Beleuchtung ankommt, also besonders für Flyer-, Spinn- und Websäle. Die Erfahrung zeigt, daß man in Textilbetrieben allgemein mit Lampen in der Größenordnung von 200—500 W auskommt. Diese lassen sich in Innenraumluzetten der beschriebenen Art ohne weiteres einbauen.



Bild 4. Beleuchtung einer Ringspinnerei durch Innenraumluzetten für direkte Beleuchtung.

Oft ist es erwünscht, ein künstliches Licht zu erhalten, dessen Wirkung möglichst der des Tageslichtes gleichkommt. Das ist z. B. in Zeugdruckereien der Fall, wo es erforderlich ist, Farben abends genau so gut wie am Tage erkennen zu können. Hierzu dient die Verico-Luzette für Tageslicht, eine Leuchte, die für direkte Beleuchtung ausgebildet ist. Sie entspricht in ihrer Außenform derjenigen nach Bild 3. Die beschriebene Leuchtwirkung wird dadurch erzielt, daß das Unterglas blauseidenmatt, das Oberglas blauopalüberfangen hergestellt ist. Durch die Verwendung dieser besonderen Glassorten wird erreicht, daß die in künstlichem Licht reichlich vorhandenen gelben und roten Lichtstrahlen teilweise so zurückgehalten werden, daß die Lichtwirkung derjenigen des Tageslichtes möglichst gleichkommt. Zweckmäßigerweise rüstet man nicht die ganze Betriebsabteilung mit Verico-Luzetten aus, sondern sieht einen damit installierten kleinen Prüfraum vor. Wie bereits zum Ausdruck gebracht, kommt diese Leuchte nur dann in Frage, wenn es sich um das Erkennen bzw. Unterscheiden von Farben handelt.

In den Fällen, in denen die Decken große Oberlichter aufweisen oder aus anderen Gründen nicht reflektierend wirken können, wird man mit Vorteil auch von Werkstattleuchten nach Bild 5 Gebrauch machen. Wie das rechts der Leuchte dargestellte Schaubild zeigt, wirkt sie als „Steilstrahler", d. h. so, daß der Lichtkegel nach unten geworfen wird. Durch zweckmäßige Anordnung und Verteilung der Leuchten läßt sich eine ausgezeichnete Lichtwirkung erzielen. Bild 6 zeigt einen mit Werkstattleuchten nach Bild 5 ausgerüsteten Websaal.

Werkstattleuchten werden auch mit tiefem Schirm hergestellt. Eine solche Leuchte zeigt Bild 7.

Die Wirkung einer Leuchte hängt in großem Maße davon ab, wie die Glühlampen in bezug auf den Leuchtkörper angeordnet sind. Zu diesem Zwecke haben die beschriebenen Leuchten eine Verstellvorrichtung, die es gestattet, die Lampenfassung höher und tiefer zu stellen und so den besten Lichteffekt zu erzielen.

Oft ist es nun schwierig, Leuchten irgendwelcher Art an der Decke zu befestigen, beispielsweise dann, wenn bei durch eine Eisenkonstruktion gebildeten Decken oder bei Shedbauten die Teilung der Unterzüge nicht mit der

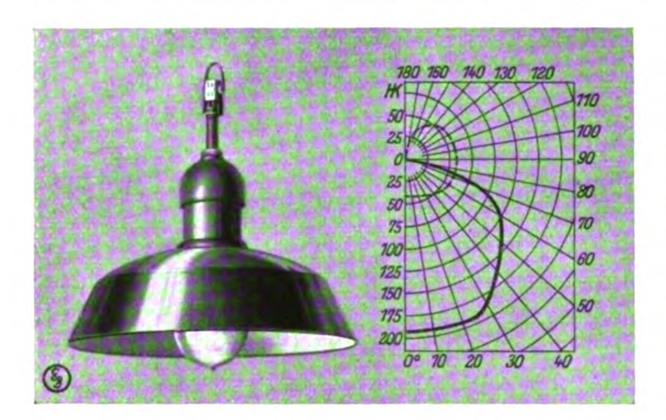


Bild 5. Werkstattleuchte, flache Form.
Lichtverteilung: - - - - nackte Lampe, ——— Leuchte.

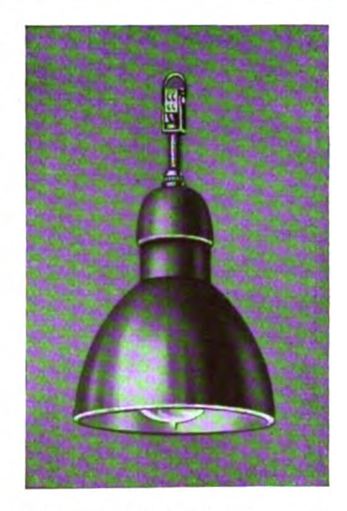


Bild 7. Werkstattleuchte, tiefe Form.

erforderlichen Entfernung der Leuchten übereinstimmt. Öfters macht auch die Leitungsverlegung in solchen Bauten und wenn die Decke aus Beton hergestellt ist, Schwierigkeiten. Dann ist die Lampen- und Leitungsanordnung nach dem Spanndrahtsystem vorteilhaft. Hierbei werden Leuchten und Zuleitungen von im Raum in der erforderlichen Höhe gespannten Drähten getragen. Drähte von 4—5 mm Stärke werden von Wand zu Wand bzw. von Unterzug zu Unterzug gespannt und bei größerer freitragender Länge von der Decke aus durch senkrechte Drähte bzw. durch die Unterzüge unterstützt. Die Leuchten und Leitungen werden an diesen Spanndrähten aufgehängt und die Leitungen durch Schellen befestigt. Man ist so in der Aufhängung vollständig unabhängig.

Bild 8 zeigt eine solche Anlage, und zwar die Beleuchtung eines Websaales durch an Rohrpendeln aufgehängte Leuchten. Es ist auf dem Bilde deutlich zu sehen, wie der Spanndraht rechts an dem senkrecht zur Bildebene verlaufenden Unterzuge befestigt und zur linken Wand gezogen ist. Gleichzeitig erkennt man die Unterstützung an den Zwischenunterzügen. Der Spanndraht trägt, wie das Bild zeigt, sowohl die Zuleitung (Peschelrohr mit Abzweigdosen) als auch die Rohrpendel. Bei diesem Bilde ist gleichzeitig bemerkenswert, daß für jeden Webstuhl eine besondere Leuchte vorgesehen ist. Wir haben es demnach hier im Gegensatz zu den bisher gebrachten Bildern, die Allgemeinbeleuchtung darstellen, mit einer ausgesprochenen Platzbeleuchtung zu tun. In solchen Fällen soll man aber zur Vermeidung von Blendung nicht flache Schirme, wie in Bild 8, sondern hohe Reflektoren verwenden.

Ein Vergleich der Beleuchtung der Arbeitssäle nach Bild 4 und 8 hat folgendes Ergebnis: Bei einem Websaal ähnlich Bild 4 ergab sich für jeden Stuhl eine aufzuwendende Leistung von 40 W, wobei die mittlere Beleuchtungsstärke etwa 55 Lux betrug. Die Beleuchtung nach Bild 8 erfordert je Stuhl eine Leistung von 60 W. Die erzielte Beleuchtungsstärke am Arbeitsplatz ist hierbei etwa 40 Lux. Das bedeutet, daß bei Allgemeinbeleuchtung bei dem angeführten Beispiel 0,73 W/Lux, bei Platzbeleuchtung 1,58 W/Lux erforderlich sind, entsprechend einer Ersparnis von etwa 46 % im ersteren Fall.

Bei den bisher gezeigten Leuchten handelt es sich um direkte und halbindirekte Beleuchtung. Man kann nun weiter, falls noch störende Schatten auftreten, ganzindirekte Beleuchtung vorsehen. Hierzu sind Innen-



Bild 6. Beleuchtung einer Weberei durch Werkstattleuchten, flache Form.

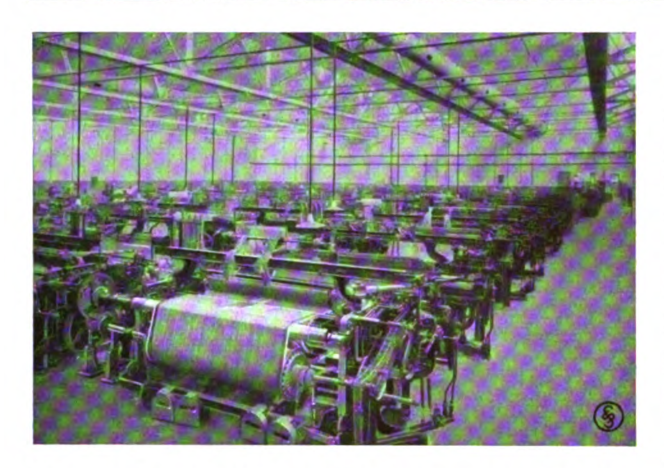


Bild 8. Weberei mit Platzbeleuchtung nach dem Spanndrahtsystem. Verlegung der Leitungen mit Zubehör, ferner Aufhängung der Leuchten an im Raum gespannten Drähten. (Leuchten wegen der flachen Schirmform ungeeignet, zweckmäßiger Verwendung von tiefen Reflektoren ähnlich Bild 7.)

raum-Luzetten ähnlich der Form nach Bild 1 und 3 geeignet, bei denen die Unterschale weiß emailliert und damit lichtundurchlässig ist, so daß der gesamte Lichtstrom zunächst nach oben gegen die Decke geworfen wird. Das aus Klarglas bestehende Oberglas läßt das Licht vollständig hindurchgehen, worauf es von der Decke reflektiert und nach allen Seiten geworfen wird. Eine Beleuchtung mit diesen Lampenkörpern ist praktisch schattenfrei und erlaubt deshalb bei Verwendung von Glühlampen in geeigneter Lichtstärke mit verhältnismäßig wenig Leuchten auszukommen.

Der Vorteil ganz indirekter Beleuchtung zeigt sich jedoch erst, wenn man Beleuchtungsstärken anwendet, wie sie für die Ausführung feiner Arbeiten notwendig sind. Zur Erzielung einer hinreichenden Beleuchtungsstärke ist bei ganz indirekter Beleuchtung ein größerer Wattverbrauch notwendig als bei halb indirekter oder direkter Beleuchtung. Man rechnet im allgemeinen mit einem Mehrverbrauch von 30—40%.



Bild 9. Porzellan-Leuchte.

Besonderes Augenmerk ist auf eine zweckmäßige Beleuchtung von solchen Betriebsräumen zu richten, in denen Wasserdämpfe bzw. Säuredämpfe u. dgl. auftreten.

In Schlichtereien kann man mit Vorteil von Beleuchtungskörpern nach Bild 9 Gebrauch machen. Es handelt sich hier um Porzellanarmaturen, die in der Hauptsache für Aufhängung an Rohrpendeln, Gummischlauchpendeln und Hängebügeln in Frage kommen. Sie werden jedoch auch für Wandarme und direkte Wandbefestigung mit Rohreinführung hergestellt. Die Leuchte selbst kann mit Schutzglas, mit Schutzglas und Schirm, mit Schutzglas und Korb oder mit Schutzglas, Schirm und Korb ausgeführt werden. Bild 9 zeigt eine Leuchte in der letzteren Ausführung. Das Schutzglas ist normalerweise mit Ablauföffnung versehen, wird jedoch auch ohne Ablauföffnung ausgeführt.

In Bleichereien macht man mit Vorteil von Leuchten nach Bild 1 bis 3 Gebrauch. In diesem Falle sind sie jedoch in weißemaillierter Ausführung zur Anwendung zu bringen. Solche Leuchten sind auch in Kunstseidefabriken brauchbar.

Für Färbereien sind Leuchten nach Bild 10 und 11 außerordentlich geeignet.

Bild 10 zeigt einen Steilstrahler, Bild 11 einen Schrägstrahler. Die rechts der Leuchten dargestellten Diagramme zeigen die Lichtverteilung der ganzen Leuchte in der ausgezogenen Kurve. Zu Bild 10 ist zu bemerken,

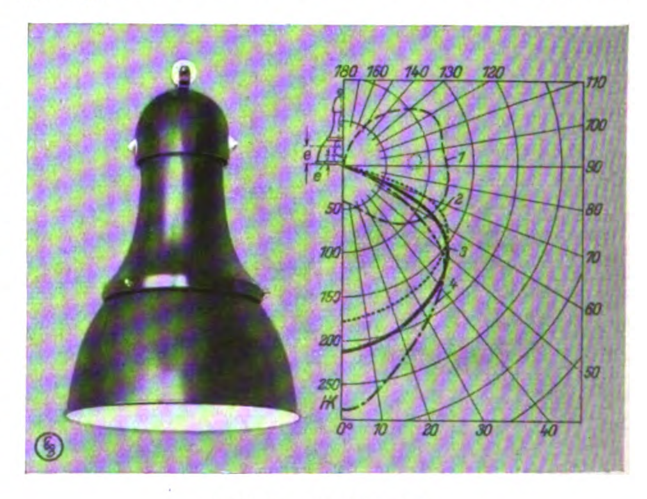


Bild 10. Steilstrahler.

Lichtverteilung (e = Entfernung von Unterkante des Reflektors bis Mitte Leuchtdraht): 1 = nackte Lampe, 2 = Leuchte mit e = 85 mm, 3 = Leuchte mit e = 120 mm (Normaleinstellung), 4 = Leuchte mit e = 150 mm.

daß die Kurve 3, da in dieser Leuchte (wie auch in der nach Bild 11) die Lampe in senkrechter Richtung verstellbar ist, die Lichtver-

teilung für die Normalstellung der Lampe zeigt, während die Kurve 2 die Lichtverteilung für die in bezug auf den Leuchtenkörper tiefer gestellte Lampe, die Kurve 4 für höher gestellte Lampe angibt. Bei dem Steilstrahler nach Bild 10 ist der Reflektor emailliert und unten offen, während die Leuchte nach Bild 11 mit einer opalüberfangenen Glasglocke ausgerüstet ist. Für Färbereizwecke sind diese Leuchten in Ausführung aus Gußeisen zu verwenden.

Um die Wichtigkeit einer geeigneten Antriebsart der Arbeitsmaschinen für die Erzielung einer einwandfreien Beleuchtung deutlich zu machen, zeigt Bild 12 einen mit Transmissionsantrieb ausgerüsteten Websaal. Es ist unmittelbar zu erkennen, wie störend die Transmissionsanlage mit den vielen Wellensträngen und Riemen wirkt. Das Unvorteilhafte der Transmission in bezug auf die Beleuchtung wird noch deutlicher, wenn man sich vergegenwärtigt, daß beim Arbeiten die vielen Riemen neben der Schlagschattenbildung ein flackerndes Licht hervorbringen, wodurch die Arbeit empfindlich gestört wird. In solchen Fällen ist es erforderlich, die Zahl der Leuchtstellen erheblich zu vermehren.

Die Leitungen für Spinnerei- und Webereiräume werden am vorteilhaftesten in Peschelrohr oder in der Form von Rohrdraht verlegt, wobei die Lichtschalter an besonders zweckmäßiger Stelle, entweder an Säulen oder auch an der Wand, und zwar wenigstens teilweise in der Nähe der Eingangstür anzuordnen sind. Für Verlegung in feuchten Räumen, z. B. in Schlichtereien, Bleichereien und Färbereien, ist die von den Siemens-Schuckertwerken besonders ausgebildete Anthygronleitung hervorragend geeignet. Sie ist gegen Nässe und Feuchtigkeit vollständig unempfindlich, ferner ist sie ausreichend widerstandsfähig gegen mechanische Einwirkungen.

Bei der Erstellung von Lichtanlagen für die Arbeitsräume von Textilbetrieben darf nicht vergessen werden, eine Notbeleuchtung anzuordnen, die in Tätigkeit tritt, wenn die Kraftzentrale versagt oder die Stromlieferung von außerhalb aussetzt. Die Lampen der Notbeleuchtung müssen an einem besonderen Stromnetz liegen, das zweckmäßigerweise von einer Akkumulatorenbatterie gespeist wird. Diese

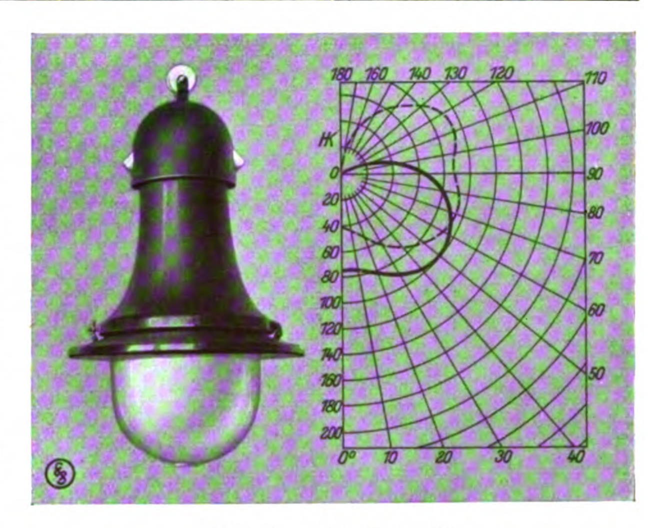


Bild 11. Schrägstrahler.
Lichtverteilung: ---- nackte Lampe, ——— Leuchte.

wird durch geeignete Ladeeinrichtungen dauernd in geladenem Zustande gehalten. Will man ganz sicher gehen, so ist es empfehlenswert, einen Ladegenerator vorzusehen, der beispielsweise von einem Ölmotor angetrieben wird.

Sehr wichtig ist auch eine einwandfreie Beleuchtung in den Büroräumen. Die bereits oben beschriebene Innenraum-Luzette für halbindirekte Beleuchtung ist hierzu in besonderer Weise geeignet. Bild 13 zeigt eine mit Innenraum-Luzetten für halbindirekte Allgemeinbeleuchtung ausgeführte Bürolichtanlage. Die

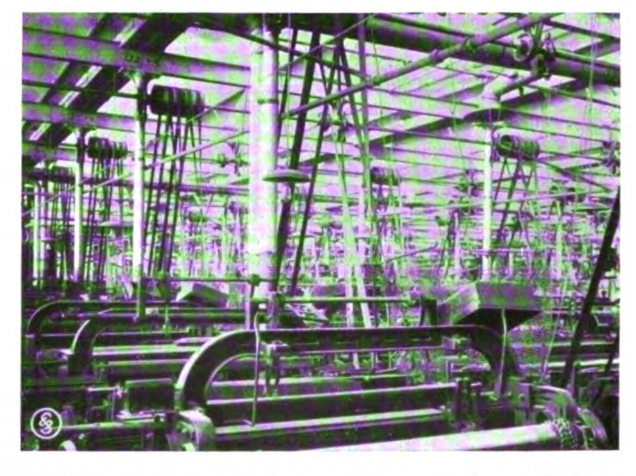


Bild 12. Mit Transmissionsantrieb ausgerüstete Weberei, Bildung von Schlagschatten durch die Treibriemen, Vermehrung der Leuchtstellen gegenüber Anlagen mit Einzelantrieb notwendig.

Leuchten sind unter Verwendung von Rohrpendeln mit Deckenkappe aufgehängt und an Rohrdraht angeschlossen.



Bild 13. Mit Innenraum-Luzetten für halbindirekte Beleuchtung ausgerüstetes Büro.

Bei der Ausbildung von Lichtanlagen darf unter keinen Umständen versäumt werden, die erforderliche Anzahl von Steckdosen vorzusehen. Das ist besonders in den Betriebsräumen wichtig, wo Steckdosen zum Anschluß von Handlampen, kleinen Werkzeugmaschinen, wie beispielsweise Handbohrmaschinen und anderen Vorrichtungen, dienen.

Für das dauernd einwandfreie Arbeiten von Lichtanlagen ist es außerordentlich wichtig, für Sauberkeit zu sorgen. Die Leuchten müssen von Zeit zu Zeit von dem in jeder Textilanlage auftretenden Staub gereinigt werden. Das geschieht bei den beschriebenen Leuchten durch Abstauben mit geeigneten Staubwedeln. Hierbei ist besonders zu erwähnen, daß die Form der von den SSW ausgebildeten Leuchten derart gewählt ist, daß ein Abstauben vom Fußboden aus, also ohne Zuhilfenahme von Leitern, möglich ist. Das erleichtert die Reinigung ganz außerordentlich. Die Leuchten können erforderlichenfalls auch gewaschen werden. Es empfiehlt sich, dieses Waschen vor Beginn jeder Lichtsaison vorzunehmen. Ferner ist besonderes Augenmerk darauf zu richten, daß Decken und Wände sauber gehalten und von Zeit zu Zeit neu geweißt werden, um so die Lichtanlage mit einem möglichst hohen Wirkungsgrad betreiben zu können, denn es ist klar, daß eine dunkle oder verschmutzte Saaldecke einen großen Teil des von der Lichtquelle ausgesandten Lichtstromes verschluckt. Die Sauberhaltung der Decken und Wände und die regelmäßige Erneuerung des hellen Anstrichs hat gleichzeitig noch den Vorteil, daß das Tageslicht besser ausgenutzt wird, also die Lampen nicht so früh eingeschaltet zu werden brauchen, wie es der Fall ist, wenn die Decken und Wände dunkel und schmutzig sind. Die erwähnten Maßnahmen sichern ein dauernd einwandfreies Arbeiten an den Arbeitsmaschinen, was für die Produktion nur von Vorteil ist. Außerdem wirkt die Aufrechterhaltung der erforderlichen Sauberkeit erzieherisch auf jeden in der Fabrik Tätigen.

Die obigen Ausführungen können nur einen kurzen Ausschnitt aus dem geben, was für die Beleuchtungsanlagen in Textilbetrieben zu beachten ist. Besonders wichtig ist, darauf hinzuweisen, daß die Projektierung und Installation einer Beleuchtungsanlage, die allen Ansprüchen hinsichtlich Lichtwirkung und Betriebssicherheit genügen soll, unbedingt von sachverständiger Seite vorgenommen werden muß, um ein befriedigendes Ergebnis zu erzielen. Die Siemens-Schuckertwerke haben es sich angelegen sein lassen, auf dem Gebiete der Beleuchtung durch jahrelange Versuche für jeden Spezialzweck Ausführungsformen zu schaffen, die allen Ansprüchen der Praxis Genüge leisten.

Die elektrische Bleiche

Von Dr. Martin Hosenfeld, Abteilung für Elektrochemie der Siemens & Halske A.-G.

Die Technik des Bleichens, d. h. die Entfernung von färbenden Stoffen aus Natur- oder Kunstprodukten pflanzlichen oder tierischen Ursprungs, ist uralt, vielleicht so alt wie die Kunst der Gespinst- oder Webetechnik selbst. Die früheste Form, die bis vor rund 150 Jahren ausschließlich im Gebrauch war, die Rasenbleiche, gründet sich wohl auf die Beobachtung, daß verarbeitete Faserstoffe im Laufe der Zeit unter dem Einfluß der Atmosphärilien heller werden.

Heute hat die Kunstbleiche, d. h. die Bleiche mittels Chemikalien, die Rasenbleiche aus der Technik fast ganz verdrängt; erreicht man doch mit ihr in ebensoviel Stunden dieselbe Bleichwirkung wie früher in Wochen mit der Rasenbleiche.

Die Geschichte der Kunstbleiche beginnt mit der 1784 durch Berthollet beobachteten bleichenden Wirkung des Chlorgases. 1785 entdeckte derselbe Gelehrte, daß Chlor in wässerige Kalilauge eingeleitet, seine bleichende Wirkung behält. Nach der Fabrik, in der diese Flüssigkeit zuerst hergestellt wurde, nannte man sie Eau de Javelle. Bald folgte die Entdeckung des Chlorkalks und seine Verwendung als Bleichmittel in den Webereien Englands.

Der Chlorkalk ist als Kalziumsalz der unterchlorigen Säure (Kalziumhypochlorit) aufzufassen. Er entsteht, wenn Kalziumhydroxyd mit Chlor in Reaktion gebracht wird.

$$2\,Ca(OH)_2 + 4\,Cl = Ca(OCl)_2 + CaCl_2 + 2\,H_2O.$$

Er zerfällt langsam in alkalischer, rasch in saurer Lösung unter Abgabe von Sauerstoff gemäß der Gleichung

$$Ca(OCl)_2 = CaCl_2 + O_2.$$

Der freiwerdende Sauerstoff oxydiert die in den Geweben enthaltenen färbenden Stoffe zu farblosen Körpern oder führt sie in lösliche Verbindungen über. In der Technik ist es jedoch üblich, nicht nach Hypochloritsauerstoff, sondern nach bleichendem oder aktivem Chlor zu rechnen. 1 g aktives Chlor entspricht 0,226 g Hypochloritsauerstoff.

Man hat im Laufe der Zeit zwar gelernt, viele dem Chlorkalk bei der Kunstbleiche anhaftende Mängel zu beseitigen. Einige jedoch, die in seiner Natur begründet und daher nicht auszuschalten sind, seien hier kurz gestreift. Es entstehen bei seiner Verwendung in der Bleicherei leicht organische Kalkverbindungen, die sich auf oder in der Faser niederschlagen und das Bleichen der Ware verzögern, in den tieferen Teilen des Gewebes sogar ganz verhindern können. Man ist infolgedessen gezwungen, das Bleichgut öfters mit stärkeren Säuren zu behandeln. Da jedoch Säuren ebenso wie Alkalien die Pflanzenfaser angreifen, leiden diese dadurch in ihrer Festigkeit. Die genannten Kalkniederschläge scheiden sich außerdem gerade an den von der Oxydation betroffenen färbenden Bestandteilen ab, so daß deren weitere Oxydation gehindert wird und der Hypochloritsauerstoff nun die Zellulose unter Bildung von Oxyzellulose angreift. Dieser Umstand sowohl, wie der beim Lösen in den Rückständen verbleibende Rest von Hypochlorit verursacht Verluste an aktivem Chlor. Als weitere Nachteile seien ferner die schwer zu beseitigenden Rückstände, die gesundheitschädliche Wirkung des Chlorkalkstaubes und vor allem die leichte Zersetzlichkeit des Chlorkalkes erwähnt.

Man ist infolgedessen in den meisten Bleichereien, die Faserstoffe pflanzlichen Ursprungs bleichen, vor allem aber in der Baumwollindustrie, zu der elektrischen Bleiche, d. i. der Gewinnung von Bleichflüssigkeit (mit Natriumhypochlorit angereicherte Kochsalzlösung) durch elektrolytische Zerlegung von Kochsalzlösung übergegangen. Die Wirkungsweise des Natriumhypochlorits ist dieselbe wie die des Chlorkalks, indem es ebenfalls unter Abgabe von Sauerstoff zerfällt. Man erreicht durch die Anwendung des Natriumhypochlorits bedeutende Ersparnisse an Hypochloritlösung, und zwar für Baumwollwaren bis zu 25 % bei weit schnellerer Bleichwirkung sowie Schonung der Faser (da schon mit ganz schwachen Säurelösungen die in Alkalichloridlösungen schwer löslichen färbenden Bestandteile entfernt werden können), gleichmäßige Bleichung ohne örtliche Verbrennungen und eine Ware mit weichem Griff. Außerdem ist der Betrieb weit reinlicher und bequemer und erfordert nur geringe Wartung.

Zur Herstellung der Bleichflüssigkeit dienen die Bleichelektrolyseure. Die sich während des Betriebes in ihnen abspielenden Vorgänge sind folgende:

Leitet man durch eine Kochsalzlösung einen Gleichstrom, so entsteht am positiven Pol (Anode) Chlorgas, während am negativen Pol (Kathode) Natrium abgeschieden wird (Gleichung I), das jedoch sofort mit Wasser unter Bildung von Natronlauge und Wasserstoff reagiert (Gleichung II). Durch Wechselwirkung zwischen Chlorgas und Natronlauge bildet sich Hypochlorit (Gleichung III):

I. $NaCl = Na + Cl$
II. $Na + HOH = NaOH + H$
III. $2NaOH + 2Cl = NaCl + H_2O + NaOCl.$

Die Geschichte der Elektrolytbleiche beginnt 1883. In diesem Jahre nahm Hermite ein Patent zur Erzeugung von Bleichflüssigkeit

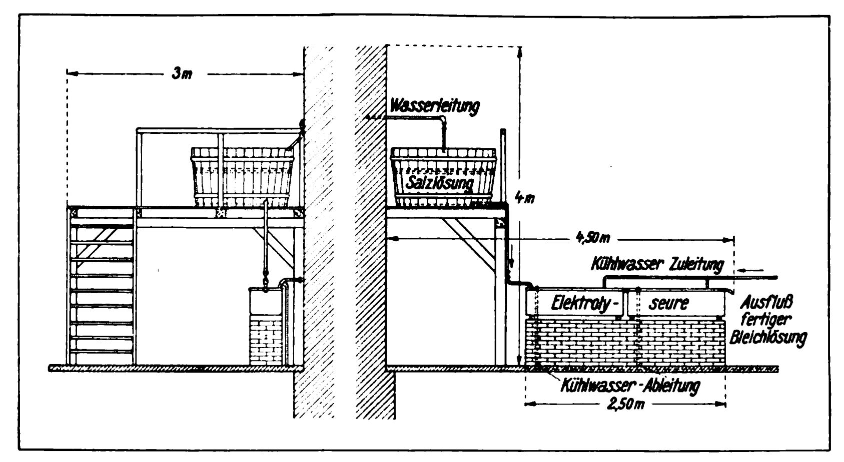


Bild 1. Schema einer kleineren Bleich-Elektrolyseur-Anlage nebst Salzlöseeinrichtung.

aus Magnesiumchlorid mit oder ohne Kochsalzzusatz durch Elektrolyse. 1890 ließ sich Kellner, der im Verein mit Siemens & Halske bahnbrechend auf diesem Gebiet gearbeitet hat, folgendes Verfahren patentieren: Zwischen zwei Walzen, von denen die untere aus Eisen als Kathode, die obere aus Kohle als Anode diente, lief das mit Kochsalzlösung getränkte Gewebe hindurch. Es wurde durch einen ebenfalls mit Kochsalzlösung getränkten rundlaufenden Filz ohne Ende vor der Berührung mit den Walzen geschützt. Dieses Verfahren ist, wie eine Unzahl anderer, ohne technische Bedeutung geblieben. Man stellt jetzt allgemein die Bleichlaugen in einem besonderen Arbeitsgang her und führt das Bleichen selbst in einem weiteren Arbeitsgang durch. Die Elektrolyseure unterscheiden sich rein äußerlich voneinander durch das verwandte Elektrodenmaterial:

Entweder bestehen beide Elektroden aus Platin bzw. Platin-Iridium,
oder die Anode ist aus Platin, die Kathode aus Kohle bzw. Graphit gefertigt,
oder endlich beide Elektroden sind aus Kohle bzw. Graphit hergestellt.

Wie bei allen technischen Elektrolysen sucht man auch für die elektrolytische Herstellung von Bleichlösungen eine Reihe von Bädern hintereinander zu schalten, um sie mit den gebräuchlichen Gleichstromspannungen von 110 oder 220 V betreiben zu können. Man erreicht dies durch Benutzung von Elektroden (sogenannten Mittelleitern), die sich bipolar schalten, wodurch außerdem noch alle Verbindungsklemmen wegfallen und nur zwei Anschlußklemmen gebraucht werden. Auf diese Weise verhindert man, daß durch Hypochloritlauge, die infolge der Gasentwicklung verspritzt wird, Metallteile angegriffen werden und so Metallsalze, die eine Zersetzung der Hypochloritlauge bewirken, in die Bleichflüssigkeit gelangen. Um eine möglichst hohe Konzentration an Hypochlorit und gleichzeitig eine gute Stromausbeute zu erreichen, sind noch folgende Forderungen zu erfüllen:

1. Die kathodische Reduktion durch den gebildeten Wasserstoff muß möglichst ausgeschaltet werden. Zu diesem Zwecke sucht man zu verhindern, daß der an der Kathode entwickelte Wasserstoff in statu nascendi mit dem Hypochlorit in Berührung kommt. Man erreicht dies dadurch, daß man der Salzlösung Kalksalze zusetzt, wodurch an der Kathode ein dünner Überzug von Kalziumhydroxyd — ein Diaphragma — entsteht. Um das Abbröckeln dieses Überzuges zu vermeiden und ihn gleichzeitig dichter zu machen, gibt man geringe Mengen Türkischrotöl oder Natronharzseifenlösung der Salzlösung zu. Läßt man das Diaphragma jedoch zu dick werden, so treten Spannungsverluste ein. Von Zeit zu Zeit muß also die gebildete Kalkschicht entweder durch Umpolen oder durch mechanische Reinigung entfernt werden. Zur Verhinderung der kathodischen Reduktion werden teilweise auch Chromate zugesetzt; doch ist das Auswaschen solcher Salze unbequem und durch ihre Gegenwart das Urteil über die erzielte Bleichwirkung erschwert, so daß man meist die zuerst erwähnten Schutzmittel vorzieht.

2. Da bei höherer Temperatur (etwa von 40° ab) nicht mehr Hypochlorit, sondern Chlorat, das keine Bleichwirkung hat, entsteht, ist für eine möglichst niedrige Elektrolyttemperatur zu sorgen. Zu diesem Zwecke sind auch für alle drei Typen Kühleinrichtungen vorgesehen.

Die Kochsalzlösung durchströmt sämtliche Zellen des Elektrolyseurs nacheinander und reichert sich so an Hypochlorit an. Ihre Durchlaufgeschwindigkeit richtet sich nach der ange-

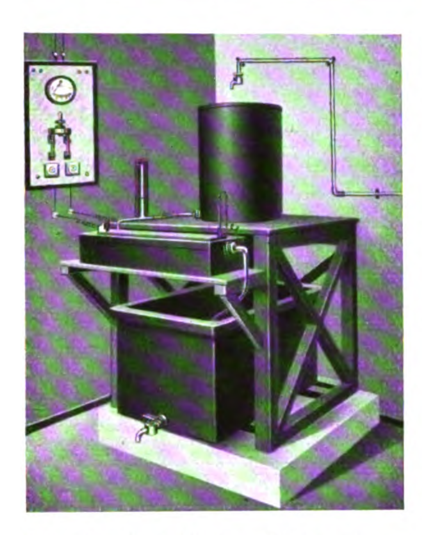


Bild 2. Elektrische Bleichanlage, System Siemens & Halske, oben Salzlösegefäß, in der Mitte Elektrolyseur, unten Vorratsgefäß für die fertige Bleichlauge.

strebten Konzentration an aktivem Chlor.

Zu einer Anlage gehören in der Hauptsache ein Lösegefäß und ein oder zwei Klärbassins zum Herstellen der für die Elektrolyse benötigten Salzlauge, ferner der Elektrolyseur, ein Vorratsgefäß zur Aufnahme der fertigen Bleichlauge, sowie eine Schalttafel mit Strom- und Spannungsmesser. Die Anordnung der einzelnen Teile ist aus den beiden Bildern 1 und 2 ersichtlich.

Um an Bedienungspersonal zu sparen, werden die Temperatur des Elektrolyten sowohl als auch die Durchflußgeschwindigkeit ständig selbsttätig durch ein Kontaktthermometer bzw. ein Manometer überwacht. Wenn die Temperatur zu hoch oder die Strömungsgeschwindigkeit zu groß oder zu klein ist, wird eine Alarmglocke in Tätigkeit gesetzt.

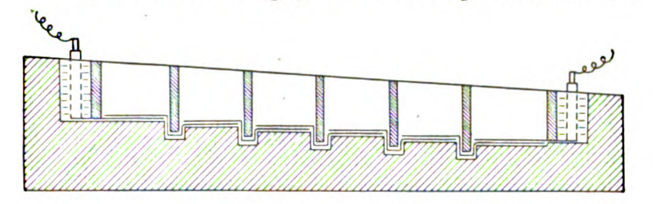


Bild 3. Längsschnitt durch den Netz-Elektrolyseur von Siemens & Halske.

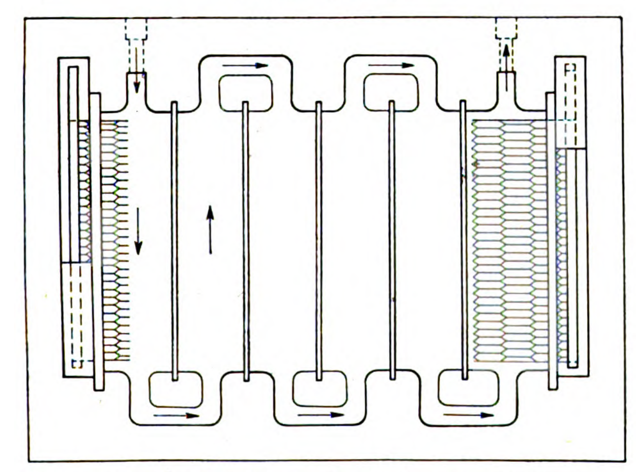


Bild 4. Wagerechter Schnitt durch den Netz-Elektrolyseur von Siemens & Halske.

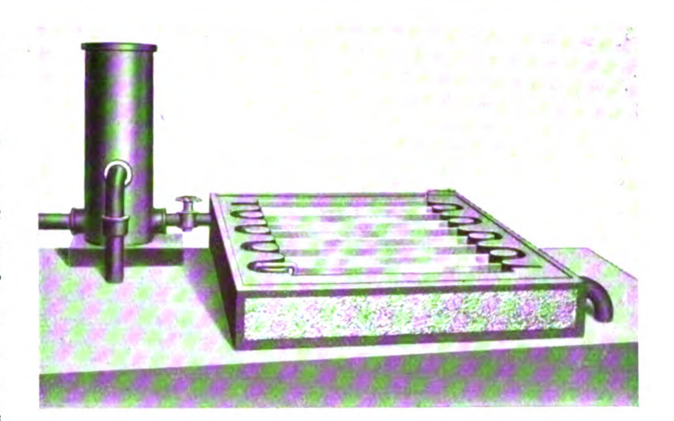


Bild 5. Bleich-Elektrolyseur System Siemens & Halske (Netz-Elektrolyseur). Neuere Ausführung mit Sandsteingefäß.

I. Apparate mit Platinelektroden.

Von dieser Art Bleichelektrolyseuren sind hauptsächlich zwei Typen im Gebrauch, und zwar neben dem Bleichelektrolyseur von Weichert der mit bipolaren Platiniridium-Netzelektroden ausgestattete Elektrolyseur von Siemens & Halske (Patent Dr. Kellner D. R. P. 168486). Als Elektrolyseur dient ein Sandsteingefäß, das durch senkrechte Glasscheiben in eine Reihe von Zersetzungszellen unterteilt ist. Diese Scheidewände stehen in Nuten an den Längsseiten und dem Boden des Gefäßes. Die Böden der einzelnen Zersetzungszellen liegen treppenartig übereinander. Die Elektroden sind wagerecht angeordnet, und zwar die Kathode über der Anode. Bild 3 zeigt einen schematischen Längsschnitt durch einen solchen Elektrolyseur, Bild 4 einen wagerechten Schnitt, Bild 5 den Elektrolyseur. Der Anschluß der Stromzuführungen an die Endelektroden ist in besondere Kammern, die mit Schutzmasse ausgegossen sind, verlegt, und zwar so, daß am Boden der obersten Zelle und über der letzten Zwischenelektrode der Endzelle je ein mit der Stromquelle verbundenes Drahtnetz gelagert ist.

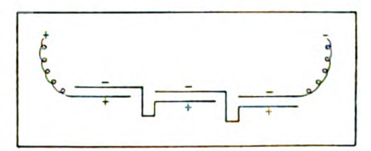


Bild 6. Anordnung der Elektroden im Netz-Elektrolyseur von Siemens & Halske (schematisch).

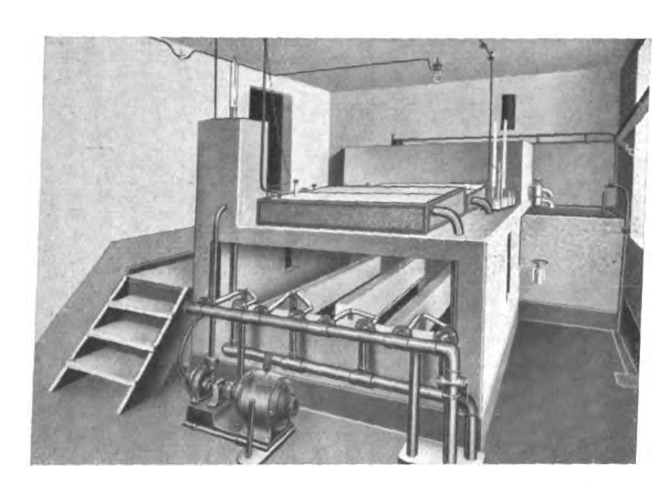


Bild 7. Vollständige Bleicheinrichtung, System Siemens & Halske, bestehend aus Salzlöseanlage (im Hintergrund oben), Elektrolyseuren mit Laugenverteilung (im Vordergrund oben), Kühlgefäß mit Hartbleischlangen nebst Wasserleitungsanschluß (im Vordergrund unter den Bleichelektrolyseuren), Zirkulationspumpe mit Elektromotor, Bedienungspodest.

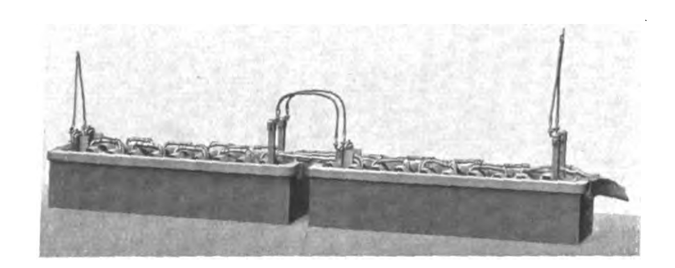


Bild 8. Bleich-Elektrolyseur von Siemens & Halske, System Schuckert, mit Innenkühlung.

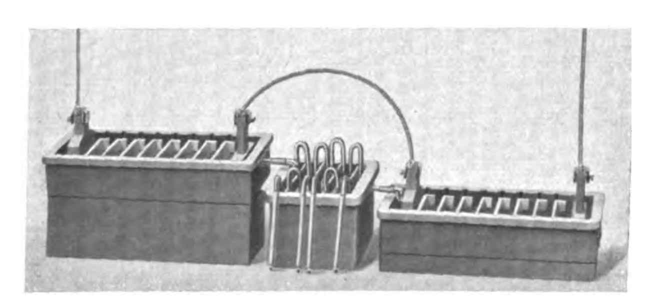


Bild 9. Bleich-Elektrolyseur von Siemens & Halske, System Schuckert (zwischen den beiden Elementen die Kühlvorrichtung).

Auf diese Weise wirken alle zwischenliegenden Elektroden als doppelpolige (bipolare) Elektroden, wie aus Bild 6 zu ersehen ist.

Der Elektrolyt, in der Regel eine etwa 15 %ige Kochsalzlösung, durchströmt den gesamten Elektrolyseur. Um dies zu ermöglichen, sind die einzelnen Kammern mit Rohrleitungen verbunden, die über den Elektroden münden (Bild 4). Die Lauge wird außerhalb des Elektrolyseurs in einem Betongefäß, das wasserdurchflossene Hartbleischlangen enthält, gekühlt und dann so lange wieder zurückgepumpt, bis die gewünschte Konzentration an aktivem Chlor, normalerweise 20—25 g im Liter, erreicht ist.

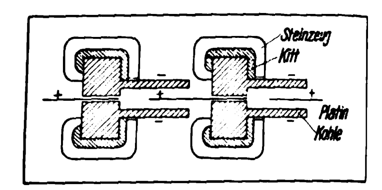


Bild 10. Schematische Darstellung der Elektroden des Bleich-Elektrolyseurs von Siemens & Halske, System Schuckert.

Bei einem Verbrauch von 7,6 kg Salz und etwa 0,35 A/cm² Stromdichte erhält man diesen Gehalt an aktivem Chlor mit rund 6 kWh. Unter entsprechender Steigerung des Energieverbrauchs (etwa 9 kWh für 1 kg aktives Chlor) kann man auch bis zu 50 g Cl/l gelangen. Gebaut wird dieser Elektrolyseur für Stromstärken von 30—120 A. Bild 7 zeigt eine mit diesem Elektrolyseur ausgerüstete Bleicheinrichtung.

II. Apparate mit Platin-Anoden und Graphitkathoden.

Bild 8 und 9 zeigen Ausführungsformen dieses Apparates nach dem heute fast ausschließlich in Gebrauch befindlichen System Schuckert. Gebaut und vertrieben werden auch diese Bleichelektrolyseure von der Siemens & Halske A.-G., Wernerwerk. Die Elektrolyseurwannen sind aus Steinzeug gefertigt und durch Glaszwischenwände in mehrere Zellen unterteilt. Die Elektroden stehen senkrecht. Ihre Ausführungsform geben die Bilder 10 (Schnitt) und 11 (Ansicht) wieder. Zwischen zwei Graphitstücke sind die Kontaktanschlüsse eines dünnen Platinbleches fest eingeklemmt. Sie werden durch Einkitten in eine Klammer aus Steinzeug in ihrer Lage festgehalten. Die beiden Graphitplatten des einen Elementes umfassen immer gabelartig die Platinplatte des folgenden und greifen zu-

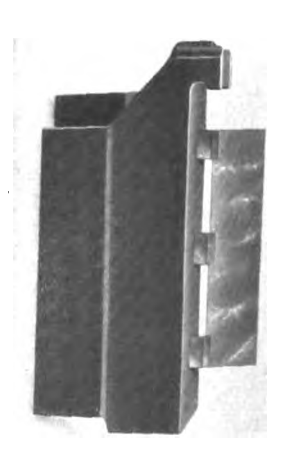


Bild 11. Ansicht der Elektroden des Bleich-Elektrolyseurs von Siemens & Halske, System Schuckert, links Kohlenelektrode, rechts Platinelektrode.

gleich an ihren Enden in dessen Steinzeugklammern. Die Endelektroden, die die Stromzuleitung tragen, ragen mittels Kohlestäben aus dem Elektrolyseur heraus. Der einzelne Elektrolyseur beansprucht 55 V. Die Kühlung erfolgt entweder durch Innenkühlung durch in den Elektrolyseur eingebaute Kühlschlangen (Bild 8), oder durch Zwischenschaltung eines Sondergefäßes, in dem Kühlschlangen angebracht sind (Bild 9). Die Lauge durchströmt nur einmal den Elektrolyseur und verläßt ihn mit etwa 18 g aktivem Chlor im Liter. Zur Speisung benutzt man meist eine 10 %ige Kochsalzlösung. Um 1 kg aktives Chlor zu erzeugen, werden 6,2 kg Kochsalz und 7,4 kWh benötigt.

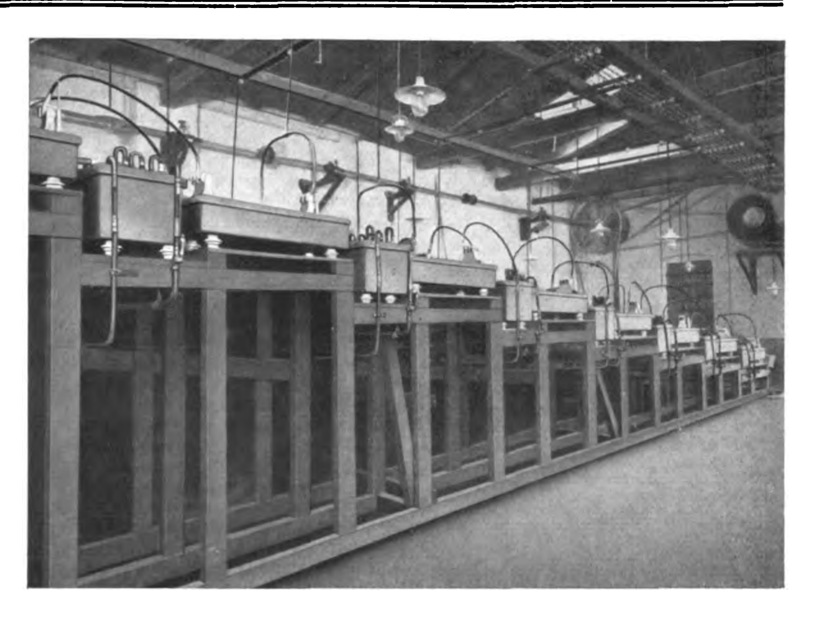


Bild 12. Bleich-Elektrolyseur-Anlage von Siemens & Halske, System Schuckert, Tagesleistung: Ersatz von 2000 kg Chlorkalk.

Die Stromdichte ist 0,2 A/cm². Gebaut werden die Elektrolyseure für Stromstärken von 20—150 sowie 300—480 A.

Bild 12 zeigt eine Anlage mit Bleichelektrolyseuren System Schuckert von Siemens & Halske.

III. Elektrolyseure mit Kohle oder Graphitelektroden.

Gegenüber den mit Platinelektroden arbeitenden Bleichelektrolyseuren und auch dem Schuckert-schen System zeichnen sich die mit Kohleelektroden ausgerüsteten durch einen geringeren Anschaffungspreis aus. Von dieser Art von Bleichelektrolyseuren baut die Siemens & Halske A.-G. drei Typen nach folgendem Prinzip:

In einer Steinzeugwanne sind in Nuten, die sich am Boden und den Längswänden befinden, Glasscheiben so eingekittet, daß sie in der Mitte einen freien Raum lassen, der von den Elektroden ausgefüllt ist. Die Glasscheiben sind außerdem mit Löchern versehen. Diese sind so angeordnet, daß der links oben in die erste Zelle eingetretene Elektrolyt die Zellen in gewundenem Lauf durchströmen muß. Die kleinere Apparattype (Bild 13) arbeitet ohne Kühlung, während in der größeren Ausführungsform die mittleren Zellen für Kühlung des Elektrolyten mit Kühlschlangen ausgerüstet sind. Bei einer anderen Type sind die Kühlzellen seitlich von den Elektroden angebracht (Bild 14).

Man erreicht mit diesen Elektrolyseuren, die meist für 7—8 A Stromstärke gebaut und mit 6 % Salzlösung gespeist werden, Konzentrationen von etwa 5 g aktivem Chlor im Liter mit einem Kraftverbrauch von rund 6 kWh und 8 kg



Bild 13. Bleich-Elektrolyseur, System Siemens & Halske, Ausführung ohne Kühlung.

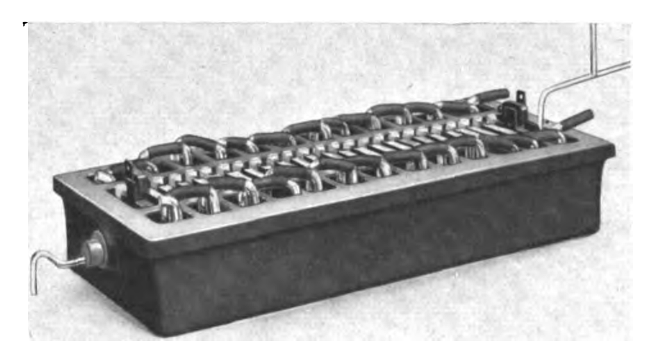


Bild 14. Kohleelektrolyseur, System Siemens & Halske, Kühlung in besonderen Zellen an den beiden Längsseiten.

Salz. Auf Bild 2 ist z. B. eine mit der kleinen Elektrolyseurtype ausgerüstete Bleichanlage dargestellt.

Da in den Kohlenelektrolyseuren die Kohlen angegriffen werden, tritt ein Verschleiß der Elektroden auf und es ist notwendig, sie von Zeit zu Zeit durch neue zu ersetzen. Sind die Kohlen stark angegriffen, geht außerdem die Ausbeute an Hypochlorit stark herab. Die beschriebenen Systeme, die auf Grund langjähriger Erfahrungen gebaut werden, haben sich in den Betrieben der Textilbleicherei außerordentlich gut bewährt.

Das Elektrofilter in der Textilindustrie

Von Oberingenieur Hahn, Abteilung Industrie der SSW.

Das Elektrofilter hat die Aufgabe, staub- und nebelförmige Schwebeteilchen aus Luft und Gasen mittels hochgespannter Elektrizität abzuscheiden. Es gelangt dabei hochgespannter Gleichstrom zur Anwendung mit einer Spannung von 50—80000 V. Dieser wird aus dem in den Fabriken meist vorhandenen Wechselstrom niederer Spannung in der Weise hergestellt, daß dessen Spannung durch einen ruhenden Transformator erhöht und dieser hochgespannte Wechselstrom durch einen umlaufenden mechanischen Gleichrichter (mit Synchronmotorantrieb) in pulsierenden Gleichstrom umgewandelt wird. Die Schaltapparate werden von einer Schalttafel aus bedient, auf der auch die erforderlichen Meßgeräte übersichtlich angeordnet sind. Bild 1 zeigt den Gleichrichtersatz für eine Elektrofilteranlage.

Das Elektrofilter selbst, in dem die Abscheidung der Staubteilchen vor sich geht, wird entweder in Form einer liegenden Kammer ausgeführt, die in wagerechter Richtung vom Gas durchströmt wird, oder als senkrechter Schlot, der die gereinigten Gase nach oben ins Freie entweichen läßt. Die wirksamen Bestandteile des Elektrofilters sind die Elektroden, die nebeneinander in 10—15 cm Abstand voneinander so angeordnet sind, daß die Gase zwischen ihnen entlang streichen. Es sind zwei Arten von Elektroden vorhanden, Sprüh- oder Ladeelektroden und Erd- oder Niederschlagelektroden. Die Sprühelektroden bestehen aus ebenen, in Rohrrahmen gefaßten drahtgitterförmigen Gebilden. Sie sind entsprechend der Hochspannung isoliert befestigt und mit dem einen, meist dem negativen Pol der Gleichstrom-Hochspannungsquelle verbunden. Aus ihnen sprüht die hochgespannte Elektrizität in den Gasraum aus und lädt die Staubteilchen elektrisch. Diese geladenen Staubteilchen werden dann von der anderen Elektrodenart, den geerdeten Niederschlagelektroden, die meist aus glatten oder gewellten Blechen bestehen, angezogen, so daß sie sich auf ihnen absetzen und nachdem sie sich durch Berührung mit der Niederschlagelektrode, die mit dem anderen Pol der Stromquelle verbunden ist, entladen haben, von selbst oder durch die Einwirkung einer besonderen Schüttelvorrichtung in einen Staubbunker abfallen, aus dem sie entweder zeitweilig durch Trichterverschlüsse oder mit einer Förderschnecke ununterbrochen abgezogen werden können. Bild 2 gibt ein in einem Schlot eingebautes Elektrofilter zur Wiedergewinnung

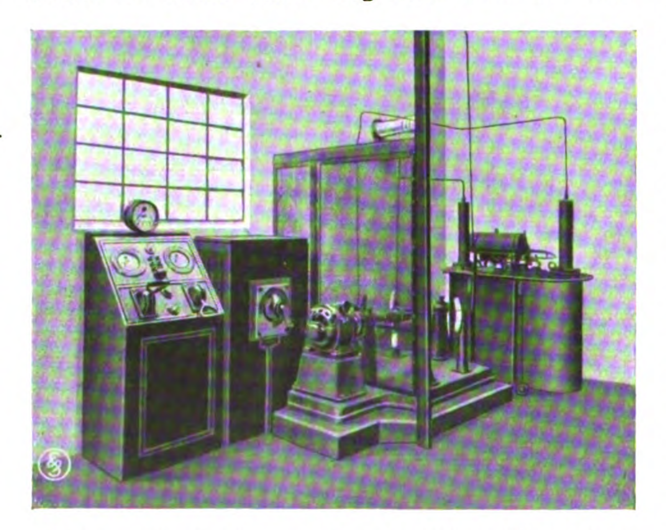


Bild 1. Gleichrichtersatz für eine Elektro-Filteranlage.

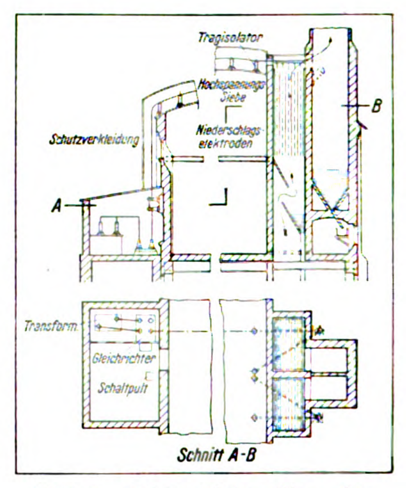


Bild 2. Schlot-Elektrofilter für Braunkohlenstaub.

wertvollen Braunkohlenstaubes in einer Brikettfabrik wieder, wie es von den SSW in großer Zahl mit bestem Erfolg ausgeführt worden ist.

Die Gründe für die Anwendung eines Elektrofilters können dreierlei Art sein. Einmal kann es sich um die Wiedergewinnung wertvollen Materials handeln, wie in der Kohlenindustrie, den Metallhüttenbetrieben, Zementwerken usw., ferner kann die Entfernung einer schädlichen Beimischung aus Nutzgasen in Frage kommen, wie z. B. in der chemischen Industrie bei der Röstgasentstaubung zur Schwefelsäuregewinnung, in der Hochofenindustrie für die Reinigung der Gichtgase zum Betrieb der Winderhitzer und Gasmaschinen und schließlich können hygienische Gründe vorliegen, indem die beim Fabrikationsprozeß entstehenden staubigen Gase das Arbeiten im eigenen Betrieb erschweren oder die Nachbarschaft belästigen oder schädigen.

So gibt es auch in der Textilindustrie eine ganze Reihe von Betrieben, für die der Einbau eines Elektrofilters zweckmäßig ist. Besonders in der Hanf- und Flachsspinnerei entstehen im Kardenraum, an den Vorspinn- und Feinspinnmaschinen beträchtliche Staubmengen, die so bedeutend sein können, daß die Luft in den Arbeitsräumen fast undurchsichtig wird und zur Atmung kaum noch geeignet ist. Nach Messungen haben sich in solchen Arbeitsräumen Staubgehalte bis zu 10 mg/m³ ergeben, während die Außenluft nur Bruchteile eines Milligramms an Staub im Kubikmeter führte. Es ist einleuchtend, daß die Gesundheit der Arbeiter Maßnahmen erfordert, um den Lungen einwandfreie Luft zuzuführen. Ein mindestens ebenso großes Interesse hat aber auch der Unternehmer, indem die Entfernung des Staubes aus den Gespinstfasern durch Luftabsaugung eine Qualitätsverbesserung des Materials darstellt, wodurch ein höherer Erlös ermöglicht wird. In den meisten Spinnereien wird die staubhaltige Luft durch Ventilatoren aus den Arbeitsräumen abgesaugt. Der Fabrikationsprozeß erfordert jedoch mit Rücksicht auf die Schmiegsamkeit der Gespinstfasern eine künstlich erwärmte und befeuchtete Luft, so daß durch die Entfernung der verstaubten Luft große Mengen an Heizwärme und Feuchtigkeit verloren gehen. Um dies zu vermeiden, wird deshalb die abgesaugte Luft meist nicht ins Freie gedrückt, sondern nach der Durchleitung durch Schlauchfilter zur Zurückhaltung des Staubes wieder in die Arbeitsräume zurückgedrückt. Es läßt sich jedoch nicht vermeiden, daß die Filterschläuche, besonders bei reichlichem Feuchtigkeitsgehalt der Luft und des faserigen Staubes, sich leicht verstopfen. Außerdem erfordern die Stoffschläuche, insbesondere wenn sie, um eine gute Reinigung zu geben, von dichtem Gewebe sind, zur Überwindung des Gasdurchgangswiderstandes eine erhebliche Antriebskraft der Ventilatoren. Der Widerstand der Schläuche kann bis zu 100 mm WS betragen. Schließlich ist bei einem immerhin möglichen Brande im Filter nicht nur das Schlauchmaterial als verloren zu betrachten, sondern unter Umständen das ganze Gebäude gefährdet.

Demgegenüber besteht das Elektrofilter in der Hauptsache vollständig aus Eisen, ist also unverbrennlich und hat einen praktisch zu vernachlässigenden Gasdurchgangswiderstand von nur 2—3 mm WS, so daß dementsprechend die Antriebsleistung auch unter Berücksichtigung des für die Erzeugung der Hochspannung erforderlichen Energieaufwandes gering bleibt. Gleichzeitig ist durch die in etwa 15 cm Abstand nebeneinander angeordneten Elektroden ein so großer und freier Querschnitt für den Luftstrom vorhanden, daß eine Verstopfungsmöglichkeit vollständig ausgeschlossen ist. Die Bedienung ist überaus einfach und erfordert außer der gelegentlichen Besichtigung des Gleichrichtersatzes nur nach Schichtschluß ein Ablassen und Fortschaffen des angesammelten Staubes, worauf das Filter für den nächsten Tag wieder betriebsbereit ist.

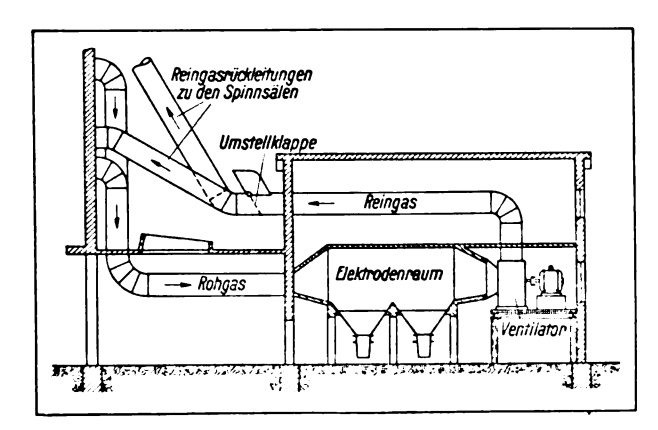


Bild 3. Anordnung der Elektro-Filteranlage einer Flachs- und Hanfspinnerei.

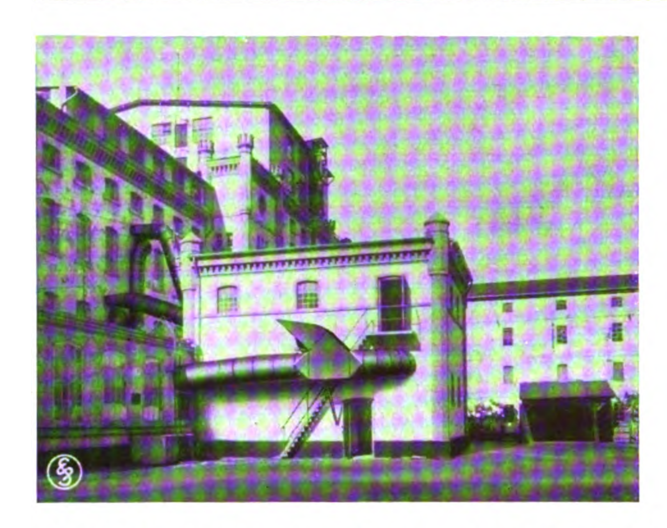
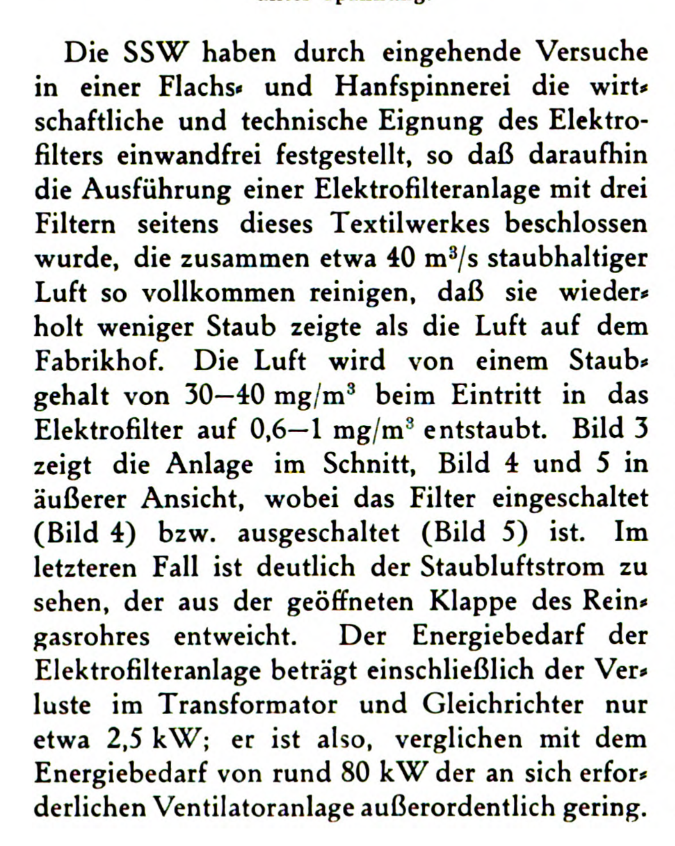


Bild 4. Elektrofilter einer Flachs- und Hanfspinnerei unter Spannung.



Bild 5. Elektrofilter einer Flachs- und Hanfspinnerei ohne Spannung.



Die SSW haben durch eingehende Versuche in einer Flachs- und Hanfspinnerei die wirtschaftliche und technische Eignung des Elektrofilters einwandfrei festgestellt, so daß daraufhin die Ausführung einer Elektrofilteranlage mit drei Filtern seitens dieses Textilwerkes beschlossen wurde, die zusammen etwa 40 m³/s staubhaltiger Luft so vollkommen reinigen, daß sie wiederholt weniger Staub zeigte als die Luft auf dem Fabrikhof. Die Luft wird von einem Staubgehalt von 30—40 mg/m³ beim Eintritt in das Elektrofilter auf 0,6—1 mg/m³ entstaubt. Bild 3 zeigt die Anlage im Schnitt, Bild 4 und 5 in äußerer Ansicht, wobei das Filter eingeschaltet (Bild 4) bzw. ausgeschaltet (Bild 5) ist. Im letzteren Fall ist deutlich der Staubluftstrom zu sehen, der aus der geöffneten Klappe des Reingasrohres entweicht. Der Energiebedarf der Elektrofilteranlage beträgt einschließlich der Verluste im Transformator und Gleichrichter nur etwa 2,5 kW; er ist also, verglichen mit dem Energiebedarf von rund 80 kW der an sich erforderlichen Ventilatoranlage außerordentlich gering.

Das SSW-Elektrofilter hat sich als erstes in der Textilindustrie praktisch bewährt und damit die mit ihm in den anderen Industrien erzielten günstigen Ergebnisse auch in der Faserstoffindustrie bestätigt. Als besonders bemerkenswerter Fall sei hier erwähnt, daß seitens der SSW zur Reinigung der Rauchgase aus einer Batterie von mit Rohbraunkohle befeuerten Kesseln vor einiger Zeit ein Doppelelektrofilter geliefert wurde, in dem sekundlich 100 m³ Rauchgas gereinigt werden, wobei täglich nicht weniger als 13 t Flugasche abgeschieden werden.

Bisher sind den SSW etwa 200 Elektrofilter für die verschiedensten Anwendungsgebiete in Auftrag gegeben worden.

Die Vorteile des Elektrofilters finden fortgesetzt wachsende Anerkennung und so darf erwartet werden, daß auch die Textilindustrie in ihren verschiedenen Zweigen, namentlich auch in der Baumwollindustrie, sich dieses neuen Betriebsmittels zur wirtschaftlichen Beherrschung des Staubproblems in Zukunft in reichlichem Maße bedienen wird.

Vom Ausstoßen der Karden

Von Siegfried Sander, Oberingenieur in der Abteilung Industrie der SSW.

Die wichtigste Vorbereitungsmaschine in der Baumwollspinnerei ist die Karde. Von der gleichmäßigen, vorzüglichen Arbeit dieser Maschine hängt der Gütegrad aller nachfolgenden Arbeitsvorgänge ab, denn nur vollkommen aufgelöste und von allen Unreinigkeiten befreite Fasern ermöglichen ein gleichmäßiges Strecken und Parallelisieren und bilden so die Grundlage für die Erzeugung eines glatten Gespinstes von bestimmter Feinheit.

Wie bereits angedeutet, besteht ein großer Teil der Aufgaben der Karde darin, die in der



Putzerei nicht entfernten Verunreinigungen, wie z. B. Schalen, ferner die ganz kurzen Fasern, auszuscheiden. Ein Teil dieser Verunreinigungen setzt sich in den Beschlägen der Karde fest. Eine übermäßige Füllung der Beschläge verringert die Wirkungsweise der Maschine immer mehr, so daß es erforderlich ist, die in den Beschlägen sitzenden Fremdkörper von Zeit zu Zeit zu entfernen oder, wie der Spinner sagt, „auszustoßen". Dieses Ausstoßen findet täglich mehrere Male statt.

Um die in Frage kommenden Arbeiten auszuführen, hat man bereits eine große Zahl von Vorrichtungen ersonnen. Die ersten Etappen der Entwicklung sind durch das rein-mechanische Ausstoßen, nämlich die Verwendung einer Ausstoßbürste, weiter durch das mechanisch-pneumatische Ausstoßen, bei dem der durch das Bürsten entstehende Staub pneumatisch abgesaugt wird, gekennzeichnet.

Diese Verfahren haben schwerwiegende Nachteile. Wie in jeder anderen Betriebsabteilung der Spinnerei, so ist auch im Kardenraum neben der Erzielung eines einwandfreien Produktes die Erreichung der größten Produktionsmenge die Grundbedingung für den wirtschaftlichen Erfolg. Die oben erwähnten mechanischen und mechanisch-pneumatischen Ausstoßverfahren haben den Nachteil, daß bei ihrer Verwendung die Karden für das Ausstoßen zuerst stillgesetzt werden müssen. Was das für die Produktion bedeutet, zeigt folgendes Beispiel: Bei einer Spinnerei, in der 100 Karden vorhanden sind, die täglich viermal ausgestoßen werden müssen, beträgt der dadurch verursachte Stillstand im Mittel etwa 43 Stunden, d. h. während der täglichen achtstündigen Arbeitszeit fällt die Produktion von etwa $5\frac{1}{2}$ Karden vollkommen aus. Das entspricht einem Produktionsausfall bei den bisher erwähnten Ausstoßverfahren von etwa $5\frac{1}{2}\%$.

Die Erkenntnis dieses Mangels der bisherigen Verfahren hat die SSW veranlaßt, der Frage der Erzielung eines einwandfreien Ausstoßens bei geringstem Produktionsausfall ihre ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Langjährige umfangreiche Untersuchungen im praktischen Betriebe gaben hier die Erkenntnis, daß eine Verbesserung gegenüber den bisherigen Verfahren nur dann erzielt werden konnte, wenn man zum rein-pneumatischen Ausstoßen des Trommel- und Abnehmerbeschlages überging. Der rein-pneumatische Ausstoßapparat wurde hier weiter unter Anlehnung an das bekannte Vorbild der zum Schleifen der Garnituren hin- und hergehenden Schleifscheibe durchgebildet.

Die bisherigen Ausstoßvorrichtungen ergaben durch Verwendung ungeeigneter Pumpen und infolge nicht genügender Abscheidung des feinsten Staubes Betriebsschwierigkeiten, die gleichfalls bei der Einführung des pneumatischen Kardenausstoßes hinderlich waren. Hier haben sich die von den SSW gebauten LP-Pumpen und die neu durchgebildeten Staubabscheidevorrichtungen in allen Anlagen, in denen sie zur Anwendung gebracht wurden, infolge ihrer Unempfindlichkeit und Betriebssicherheit sehr gut bewährt.

Die Entfernung des Ausstoßes aus den Beschlägen erfolgt, allgemein gesprochen, durch Saugdüsen, die in einer Entfernung von etwa 1–2 mm an den Beschlägen hin- und herwandern. Durch Anschluß der Saugdüsen an eine Vacuumpumpe wird der Ausstoß in kurzer Zeit aus dem Beschlag entfernt. Für die Wahl derjenigen Stellen, an denen die Wandersaugdüsen an den Beschlag angesetzt werden, wurden die Erfahrungen benutzt, die mit rein-pneumatischen Ausstoßvorrichtungen während der ganzen Entwicklungszeit dieses Verfahrens gemacht wurden. Diejenigen Stellen, an denen der Ausstoß entfernt werden kann, sind an sich folgende:

A) für die Trommel:
1. zwischen dem Vorreißer und den Wanderdeckeln,
2. unter dem Vorreißer am Trommelrost,
3. zwischen dem Abnehmer und den Wanderdeckeln,

B) für den Abnehmer:
zwischen dem Hacker und der Trommel vor dem Abdeckblech des Abnehmers.

Bei den ersten rein-pneumatischen Ausstoßvorrichtungen wurden die Trommel und der Abnehmer für sich ausgestoßen. Es zeigte sich, daß es besonders vorteilhaft ist, das Ausstoßen bei beiden gleichzeitig vorzunehmen, wobei es durch die besondere Konstruktion ferner ermöglicht wurde, sowohl die Trommel als auch den Abnehmer für sich auszustoßen. Auf Grund dieses im praktischen Betriebe als bestes

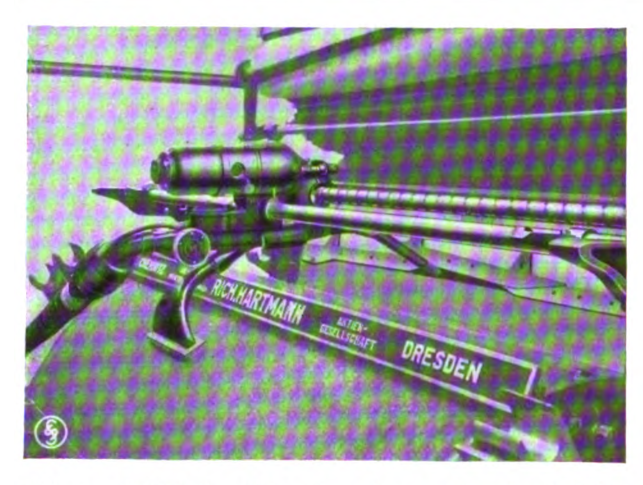


Bild 1. Elektrische Doppelwandersaugdüse in Arbeitsstellung. Breite Saugdüse für das Absaugen des Abnehmers links, schmale Saugdüse für das Absaugen der Trommel rechts, an derselben Stelle Fallschieberverschluß des Trommeldeckels.

ermittelten Verfahrens ergab sich dann die Anordnung der Wandersaugdüsen gemäß Punkt A 3 und B in einem Apparat.

Einen solchen Apparat zeigt Bild 1. Aus diesem Bilde ist zu ersehen, daß die am Abnehmer angeordnete Wandersaugdüse an einer Stelle angreift, wo der Abnehmer freiliegt. Die Anordnung zeigt, daß hier das Ausstoßen während des Betriebes leicht durchgeführt werden kann. An der Trommel war das nicht ohne weiteres möglich, weil diese auf der Abnehmerseite durch einen Trommeldeckel abgeschlossen ist, der bei Karden der bisher üblichen Bauart abgehoben werden kann. Um für das Ausstoßen der Trommel das Abnehmen dieses Deckels, das wegen der hohen Trommelgeschwindigkeit für den Arbeiter außerordentlich gefährlich ist, zu vermeiden, wurde die von den SSW neu durchgebildete Ausstoßvorrichtung so entwickelt, daß das Ausstoßen vorgenommen werden kann, ohne diesen Trommeldeckel zu entfernen. Dieser kann vielmehr bei der neuen Vorrichtung sogar festgeschraubt werden, so daß wegen der Unmöglichkeit, ihn während des Betriebes abzuheben, für die Sicherheit des Arbeiters jede mögliche Gewähr gegeben ist. Um die für die Trommel vorgesehene Wandersaugdüse in die richtige Absaugstellung zu der ersteren bringen zu können, wurde in dem Trommeldeckel ein horizontaler, über die ganze Arbeitsbreite laufender Schlitz vorgesehen, der durch einen sogenannten Fallschieber abgeschlossen wird. Der Fallschieber hat seinen Namen daher, daß er, wenn nicht ausgestoßen wird, durch sein Eigengewicht zufällt und so den Trommelbeschlag vollständig abschließt. Um ferner während des Ausstoßens, d. h. während des Wanderns der Saugdüse über den Beschlag, einen möglichst geringen Teil des Schlitzes im Trommeldeckel offen zu haben, wurde der Fallschieber aus mehreren Teilen zusammengesetzt, von denen nur derjenige abgehoben wird, unter dem sich gerade die Wandersaugdüse befindet. Das ist aus Bild 1 deutlich zu ersehen.

Die Anordnung des Fallschiebers stellt so einen bedeutenden Fortschritt in der Entwicklung der rein-pneumatischen Kardenausstoßvorrichtungen dar. Hiermit war jedoch das Problem noch nicht vollständig gelöst. Der Fallschieber liegt außen auf dem Trommeldeckel, dieser selbst außerordentlich nahe am Trommelbeschlag. Durch den für das Absaugen vorgesehenen Schlitz, der durch den Fallschieber abgeschlossen ist, wurde ein Hohlraum geschaffen, in dem sich die Fasern festsetzen. Von Zeit zu Zeit riß der Trommelbeschlag diese Fasern aus dem Hohlraum heraus und warf sie in den Abnehmerbeschlag, wodurch dicke Stellen im Vlies entstanden und dieses unbrauchbar machten. Um diesen Nachteil zu vermeiden, wurde am, gegen den Trommelbeschlag gerichteten Rücken des Fallschiebers eine Fülleiste angeordnet, die den erwähnten Hohlraum bei geschlossenem Fallschieber ausfüllt und so das Festsetzen von Fasern vollständig vermeidet.

Die beschriebene Ausführung des Kardenausstoßapparates der SSW (gemäß Punkt A 3 und B) besteht, wie Bild 1 zeigt, aus einer Doppeldüse für Trommel und Abnehmer, die auf einer stillstehenden Spindel mit einfachem Gewinde durch einen als Mutter ausgebildeten Schneckentrieb bewegt wird. Ein Spezialmotor für Gleich- und Wechselstrom, der an jede Lichtleitung angeschlossen werden kann, dient zum Antrieb. Die hin- und hergehende Bewegung auf der Gewindespindel wird durch Umschalten der Drehrichtung des Motors erreicht. Die Drehzahl des Motors ist durch einen Regelwiderstand in weiten Grenzen regelbar, so daß der Apparat mit verschiedenen Geschwindigkeiten an der Trommel und dem Abnehmer vorbeigeführt werden kann. Zwei be-

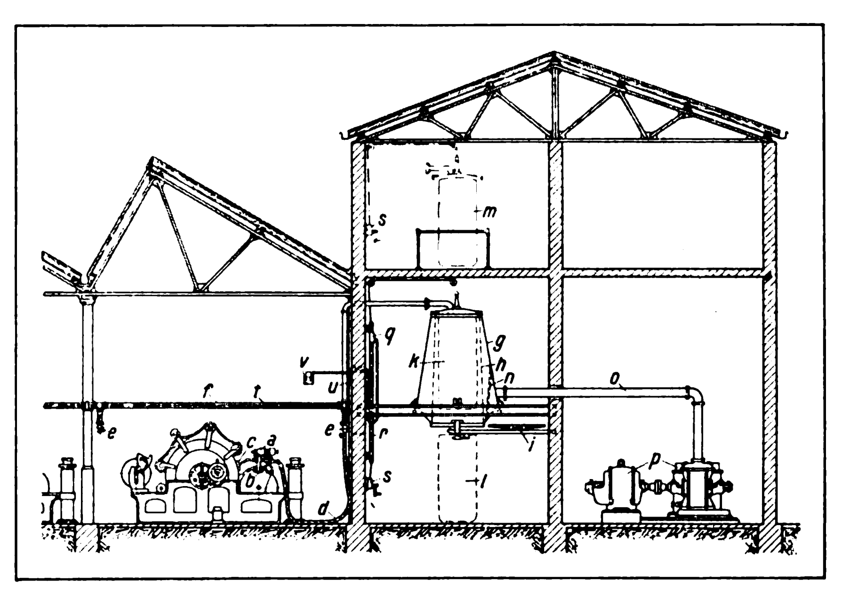


Bild 2. Schematische Darstellung einer Kardenentstäubungsanlage.
a = Elektrischer Ausstoßapparat,
b = Stützlager,
c = Fallschieberverschluß,
d = Schlauch,
e = Schlauchanschlußstellen,
f = Förderleitung.
g = Sackstopfkessel,
h = Filter,
i = Unterer Deckel, ausgefahren,
k = Eingehängter Sack,
l = Sack nach unten abgelassen,
m = Sack nach oben herausgehoben,
n = Schutzgitter,
o = Luftleitung,
p = Luftpumpensatz,
q = Dynamometer,
r = Laufbrett für das Dynamometer,
s = Handwinde,
t = Elektrische Zuleitung zum Ausstoßapparat,
u = Alarmvorrichtung,
v = Stromquelle zur Alarmvorrichtung.

sondere mit Einstelleinrichtung versehene Seitenlager, die an dem Abnehmerbogen befestigt sind, dienen zum Auflegen des Apparates. Sie sind so durchgebildet, daß der eingelegte Apparat vollkommen fest liegt, und daß alle Bewegungen, die der Arbeiter mit ihm durchzuführen hat, sinngemäß vor sich gehen. Eine Beschädigung der Beschläge ist vollkommen ausgeschlossen. Der Fallschieber im Trommeldeckel wird beim Einlegen des Apparates von der Düse ohne weiteres gehoben und schließt sich durch sein Eigengewicht beim Laufen und Abheben des Apparates. Der Arbeiter hat also nichts weiter zu tun, als den Apparat zu transportieren, einzulegen und den Motor einzuschalten. Die Stromzuführung für den Antriebsmotor liegt im Saugschlauch eingebettet und wird beim Kuppeln des Schlauches mit der Saugleitung bzw. dem Apparat selbsttätig mit eingeschaltet. Nach dem Einschalten läuft die Wanderdüse von einem zum anderen Ende und wird dort automatisch stillgesetzt. Durch Umlegen des Schaltergriffes ändert sich die Drehrichtung des Motors, und die Düse läuft zurück. Je nach den Betriebsverhältnissen können durch Umstellen eines Dreiwegehahnes Trommel und Abnehmer nacheinander oder zu gleicher Zeit abgesaugt werden.

Das abgesaugte Material wird durch die Förderleitung einem Sammelkessel, dem sogenannten Sackstopfkessel, zugeführt, der sich in der Praxis sehr gut bewährt hat (Bild 2).

Der Sackstopfkessel besteht aus einem konischen, schmiedeeisernen Kessel von etwa 3 m^3 Luftinhalt, der durch ein konzentrisch angeordnetes, ebenfalls konisches Luftfilter in zwei Teile, einen äußeren Luft- und einen inneren Materialraum, getrennt ist. Innerhalb des letzteren kann an einer besonderen Aufhängevorrichtung auch ein Sack von etwa 0,8 m Durchmesser und etwa 2 m Länge eingehängt werden. In diesem Falle wird durch diese Einrichtung von dem Materialraum ein zweiter Raum abgetrennt, so daß das Material nur in den Sack gefördert werden kann. Die aus dem Kardensaal kommende Förderleitung mündet oben in den Sammelkessel, während die zur Vakuumpumpe führende Luftleitung am unteren Teil des Sammelkessels angeschlossen ist. Durch den verhältnismäßig hohen Unterdruck wird das Material mit großer Geschwindigkeit in den Sammelkessel befördert, wobei es sich mit erheblicher Pressung in dem Sack absetzt und diesen allmählich füllt. Bei diesem Vorgang muß die angesaugte Luft zuerst den Sack passieren, der dann noch gleichzeitig als Filter wirkt, und gelangt nach ihrem Durchgang durch das konische Tuchfilter in den Luftraum und von dort in die durch ein besonderes Schutzgitter abgeschirmte Luftleitung. Das etwa 2 m^2 große Filter hat den Vorteil, daß die Durchgangsgeschwindigkeit sehr gering ist, so daß ein Zustopfen der Poren durch Baumwollfasern nicht eintreten kann. Allerdings wird in bestimmten Zeitabständen eine besondere Reinigung des Tuchfilters erforderlich, denn man muß damit rechnen, daß die angehängten Säcke nicht immer genügend dicht und in Ordnung sind. Die Aufhängevorrichtung ist durch ein

Drahtseil mit einer Handwinde verbunden. Ein in das Drahtseil eingeschaltetes Dynamometer zeigt

1. den Druck an, mit dem die Aufhängevorrichtung gegen den Kessel gepreßt wird, und
2. auch die Füllung des Sackes in Kilogramm.

Eine besondere Kontakteinrichtung am Dynamometer für Stark- oder Schwachstrom in Verbindung mit einer Alarmvorrichtung erleichtert die Kontrolle und verhindert eine übermäßige Füllung des Sackes.

Ist nur ein Sammelkessel vorhanden, so muß, sobald die gewünschte Füllung erreicht ist, die Pumpe abgestellt bzw. die Luftleitung zwischen beiden durch ein Ventil oder einen Schieber abgeschlossen werden. Bei zwei Sammelkesseln ist dagegen nur eine Umschaltung notwendig, so daß bei einer derartigen Anordnung die Förderung ohne jede Zeitunterbrechung fortgesetzt werden kann.

Je nach den örtlichen Verhältnissen kann der gefüllte Sack entweder nach oben herausgehoben oder nach unten abgelassen werden. Hierfür sind auf beiden Seiten des Kessels leicht lösbare Deckel angebracht. Während der obere Deckel mit der Sackaufhängevorrichtung gemeinsam hochgezogen werden muß, ist der untere Deckel auf dafür besonders vorgesehenen Schienen seitlich leicht ausfahrbar.

In der oben geschilderten Ausführung hat sich der Sackstopfkessel sehr gut bewährt und ermöglicht es, die Säcke mit dem doppelten Gewicht gegenüber dem Handstopfen zu füllen. Ein Sack von den angegebenen Abmessungen faßt etwa 75 kg.

Beim direkten Fördern der Abfälle in den Sammelkessel — also ohne eingehängten Sack — erleichtert die konisch nach unten sich erweiternde Form des Tuchfilters das Herausnehmen des Materials außerordentlich. Durch die im letzteren Falle gegebene Fallhöhe muß aber immer mit einer starken Staubentwicklung gerechnet werden. Auf jeden Fall empfiehlt es sich daher, selbst dann, wenn die Abfälle im eigenen Betriebe weiter verarbeitet werden, das geförderte Material stets in einen Sack zu füllen, um es ohne jeden Verlust und ohne jede Staubentwicklung an den Verwendungsort transportieren zu können. Für diesen Zweck sind besondere Füllvorrichtungen entwickelt worden, die ein müheloses Herausnehmen des Materials aus dem Sack auch bei starker Pressung und ein gutes Lagern bis zur Weiterverarbeitung gestatten.

Der von den SSW auf Grund eingehender Studien und praktischer Erfahrungen durchgebildete Sackstopfkessel bietet außerordentliche Vorteile, und zwar:

1. Die Anlage mit Sackstopfkesseln arbeitet hygienisch einwandfrei, denn jede lästige Staubentwicklung ist beseitigt.
2. Die Entleerung des Sammelkessels nimmt sehr wenig Zeit in Anspruch.
3. Die Kardenausstoßanlage amortisiert sich besser, denn ohne Mehraufwand an Betriebskraft wird das Material versandbereit verpackt bzw. ohne jeden Verlust gesammelt.
4. Es werden Arbeiter gespart.
5. Die sogenannten Schmutzzulagen der Arbeiter fallen fort.

Bei Verwendung des pneumatischen Kardenausstoßapparates der SSW ergeben sich folgende Vorteile:

1. Die Karden können beim pneumatischen Ausstoßen mit ihrer gewöhnlichen Drehzahl weiterlaufen und brauchen nicht abgestellt zu werden. Um den Verlust an guten Fasern auf ein Minimum zu beschränken, wird die Speisezufuhr während 30 Sekunden beim Ausstoßen der Trommel abgestellt. In der Zeit, wo der Abnehmer ausgestoßen wird, erreicht das Vlies seine notwendige Stärke, und die Produktion wird wieder aufgenommen.

   Der Produktionsausfall beträgt im Höchstfalle 0,75 bis 1,0 Minute für jedes Ausstoßen. Bei 100 Karden und viermal täglichem Ausstoßen beträgt er dann etwa 5 bzw. 7 Stunden oder höchstens 1 % der Arbeitszeit der Gesamtanlage, gegenüber $5^1/_2$ % beim Bürstenausstoß.
2. Die Antriebsriemen der Karden haben eine bedeutend höhere Lebensdauer, denn das beim Bürstenausstoß erforderliche täglich mehrmalige Umlegen der Riemen von der Leer- auf die Festscheibe fällt fort. Dadurch wird auch die Gefahr, daß Arbeiter beim Ausrücken in einen Antrieb geraten können, fast vollkommen aufgehoben.
3. Jede Staubentwicklung ist vermieden, das Vlies bleibt sauber. Flug wird nur in ganz geringen Mengen vorhanden sein.

4. Der Kardenbelag wird außerordentlich geschont, denn die Düsen laufen in etwa 1—2 mm Abstand von der Beschlagoberfläche über die Garnituren. Es besteht also keine Gefahr, daß die Häkchen gelockert und verbogen werden. Die Garnitur bleibt längere Zeit scharf, dadurch wird die Kardierung besser, und die Produktion bleibt gleichmäßiger.
5. Das Ausstoßen wird nur von einem Mann besorgt.

Zweckmäßig wird die pneumatische Kardenausstoßanlage so reichlich bemessen, daß neben dem eigentlichen Ausstoßen noch genügend Zeit bleibt, alle anderen Abfälle pneumatisch zu beseitigen. Die Absaugung von Briseurstaub, Stripps, die Reinigung der Transmissionen, Gardinen usw. und die Bodenreinigung kann mit geeigneten Saugrüsseln in viel kürzerer Zeit und wesentlich erfolgreicher bewerkstelligt werden als nach den alten Reinigungsverfahren. Jede Staubentwicklung ist auch hier vermieden, und vor allen Dingen befindet sich das Material gleich am Ort der Weiterverarbeitung, oder es ist versandbereit gepackt.

Die von den SSW durchgeführten langjährigen Versuche in der Praxis haben zur Schaffung einer Ausstoßanlage geführt, die durch Anwendung des rein-pneumatischen Ausstoßens, in Verbindung mit der besonders zweckmäßigen Konstruktion der Ausstoß- und Sammelvorrichtungen praktisch jeden Produktionsausfall und jeden Verlust an Baumwolle vermeiden. Die oben angegebenen Prozentzahlen für den Produktionsausfall bei den verschiedenen Ausstoßverfahren zeigen, daß bei Anwendung der von den SSW durchgebildeten rein-pneumatischen Entstaubung dieser auf ein Minimum herabgedrückt wird, wobei sich betrieblich bisher nicht erzielte Vorteile ergeben haben, die vom wirtschaftlichen Standpunkte aus für die Spinnereien von großer Bedeutung sind.

Die Überwachung der Lagerräume von Wollwaren

Mitgeteilt von der Literarischen Abteilung der Siemens & Halske A.-G.

Wollwaren, die feucht und warm lagern, zeigen bekanntlich, besonders leicht dann, wenn sie in der Fabrikation, beispielsweise in der Walke, mit Alkalien behandelt wurden, die gefürchteten Stockflecken, die Folge von Pilz- und Bakterienkulturen, die sich auf der Wolle entwickeln. Im Sommer entstehen diese Flecken oft schon während des Webens am Webstuhl oder nach einem Lagern von einigen Tagen. Es ist daher notwendig, wenn man diese Schädigung der Ware vermeiden will, der Temperatur und vor allem der Luftfeuchtigkeit in den Lagerräumen die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Verläßliche Angaben über die Entwicklung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit in Lagerräumen erhält man nur durch genaue Messungen. Nur wenn man Temperaturen und Feuchtigkeitsgehalt während einer längeren Zeitdauer sorgfältig überwacht hat, kann man bei einer etwa eingetretenen Schädigung der Ware einigermaßen genau die Ursachen ermitteln und sie späterhin vermeiden. Nun ist es ja erklärlich, daß besonders in Lagerräumen solche fortlaufenden Messungen meist unterbleiben. Wollte man sie mit den üblichen Quecksilberthermometern und Hygrometern anstellen, hätte in größeren Lagern eine Person hinreichend mit der Beobachtung der Meßgeräte zu tun. Ein sehr bequemes Mittel zur Überwachung der Lagerräume geben indessen die elektrischen Thermometer und Hygrometer an die Hand, die es ermöglichen, die Temperatur der Lagerräume an entfernten Stellen zu beobachten und sie durch Registriergeräte aufschreiben zu lassen.

Die Leiter des elektrischen Stromes haben einen mit der Temperatur veränderlichen Widerstand. Diese Eigenschaft der Metalle kann man zu genauen und sehr bequemen Temperaturmessungen benutzen. Die elektrischen Fernthermometer, bestehend aus einem Metallfaden, an dem die Widerstandsänderungen elektrisch gemessen werden, und einer entsprechenden Bewehrung, kann man an beliebigen, auch unzugänglichen Stellen der Lagerräume anbringen. Durch Leitungen sind diese Fernthermometer mit den Anzeigegeräten verbunden, elektrischen Strommessern, deren Skalen in Celsiusgraden geeicht sind. Doch ist es nicht notwendig, für jedes Fernthermometer ein eigenes Anzeigegerät vorzusehen, vielmehr kann man für eine größere



Bild 1. Schalttafel für Fernthermometeranlage.

Anzahl Thermometer mit einem einzigen Anzeigegerät auskommen (Bild 1). Man verwendet dann einen Druckknopfumschalter und schaltet durch Niederdrücken eines Druckknopfes die Thermometer nacheinander auf das Anzeigegerät. So kann man von einer zentralen Stelle aus, beispielsweise vom Betriebsbüro oder von der mit der Wartung der Lagerräume beauftragten Stelle, auch räumlich weit auseinander liegende Lager überwachen, und zwar gewissermaßen nebenbei, ohne mit Umherlaufen Zeit zu verschwenden.

Die Luftfeuchtigkeit kann man bekanntlich dadurch ermitteln, daß man die Temperatur mit zwei Thermometern mißt, von denen das eine befeuchtet ist (Bild 2). Dann zeigt das Thermometer, an dessen Kolben Feuchtigkeit verdunstet, wegen der Verdunstungskälte eine entsprechend niedrigere Temperatur an. Die Anzeigedifferenz ist um so geringer, je größer der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist, je weniger Feuchtigkeit also verdunsten kann. Auch diese

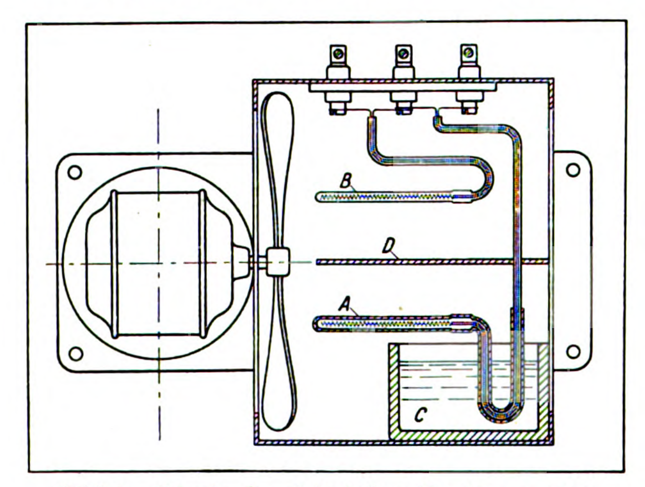


Bild 2. Prinzip des elektrischen Fernhygrometers.
A = Feuchtthermometer, C = Wasser,
B = Trockenthermometer, D = Trennwand.

Messungen des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft lassen sich mit zwei elektrischen Fernthermometern ausführen, die zu einem Fernhygrometer (Bild 3) vereinigt sind. Die beiden Thermometer schaltet man wieder mit einem Druckknopfumschalter nacheinander auf das Anzeigegerät. Wird das befeuchtete Thermometer eingeschaltet, beginnt ein kleiner elektrischer Ventilator zu laufen, der die zum Verdunsten der Feuchtigkeit notwendige Luftbewegung erzeugt. Aus der Differenz der Anzeige ergibt sich dann mittels einer Tabelle, ohne Rechnung, der Feuchtigkeitsgehalt der Luft.



Bild 3. Fernhygrometer mit angebautem kleinen Ventilationsmotor.

Da die Wolle stark hygroskopisch ist und die Luftfeuchtigkeit begierig aufsaugt, sind diese Feuchtigkeitsmessungen in Lagerräumen von Wollwaren von großer Wichtigkeit. Es ist aber zu beachten, daß die Temperatur auf den Sättigungsgrad der Luft mit Wasserdampf und damit auch auf die Aufnahme der Luftfeuchtigkeit durch die Wolle von Einfluß ist. Deshalb müssen die Feuchtigkeitsmessungen begleitet sein von gleichzeitigen Temperaturmessungen. Im allgemeinen ist der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in geschlossenen Räumen von dem der Außenluft nicht sehr verschieden. In Räumen mit hygroskopischem Lagergut, wie es die Wolle ist, ist das anders. Deshalb muß man auch die Feuchtigkeit der Außenluft berücksichtigen. Das elektrische Fernhygrometer ermöglicht, Feuchtigkeitsbestimmungen bei geschlossenem Raum aus der Ferne vorzunehmen, andererseits kann man aber auch den Feuchtigkeitsgehalt der Lüftungsluft in den Lüftungskanälen untersuchen und die Lüftung auf Zeiten beschränken, bei denen die Luftfeuchtigkeit gering ist.

Diese Möglichkeit der Überwachung von Lagerräumen aus der Ferne ist ein wertvoller Vorzug elektrischer Thermometer und Hygrometer. Wertvoller ist vielleicht noch der andere, daß die Angaben dieser elektrischen Temperatur- und Feuchtigkeitsmesser in einfacher Weise mit Registrierapparaten fortlaufend zu Papier gebracht werden können. Die Thermometer werden dann,

wie an Anzeigegeräte, entweder fest oder wahlweise mit Druckknopfumschalter an Registrierapparate angeschlossen. In kurzen Zeiträumen werden die Zeiger dieser Registrierapparate auf einen durch ein Uhrwerk fortbewegten Papierstreifen niedergedrückt, an dessen Unterseite dann an der Auflagestelle des Zeigers durch ein Farbband ein Punkt markiert wird, der durchscheint. Die Punkte bilden in ihrer Gesamtheit eine Kurve, und da das Registrierpapier an der Seite die Zeitmarken trägt, kann man die Entwicklung der Temperatur am Ort der betreffenden Meßstelle genau verfolgen.

Bei Fernhygrometern schließt man die beiden Thermometer an einen sogenannten Zweikurvenschreiber an, bei dem wechselnd die Anzeige des trockenen und des befeuchteten Thermometers registriert wird, doch so, daß die Nullinie in der Mitte des Registrierstreifens liegt und die Kurve des einen Thermometers auf der rechten, die des anderen auf der linken Seite erscheint. Man erhält also die Anzeigen der beiden Thermometer stets einander gegenüber stehend und kann so den Verlauf des Feuchtigkeitsgehaltes der Luft in den Lagerräumen fortlaufend verfolgen. Diese Registrierapparate liefern der Betriebsleitung in den Temperatur- und Feuchtigkeitskurven wichtige Unterlagen zum Beurteilen der Lagerhaltung. Um einige Übung in der Deutung der Kurvenschwankungen zu erhalten, beobachtet man zunächst die Kurven während der Aufzeichnung und sucht sich sofort über die Ursachen der Schwankungen zu informieren. Später kann man dann die Apparate ruhig sich selbst überlassen und aus den Kurven die Güte der Lagerpflege nachträglich ablesen.

Die zweckmäßige Verwendung von Dampf- und Wassermessern in der Textilindustrie

Von Dipl.-Ing. H. Schütz, Wassermesserabteilung der Siemens & Halske A.-G.

Da die Betriebsabteilungen der Textilwerke einen verhältnismäßig hohen Dampfverbrauch aufweisen, so muß in erster Linie der gemeinsame Wärmeverbrauch für den Kraftgewinn und für den Fabrikationsprozeß durch eine betriebssichere, aber trotzdem einfache Meßapparatur überwacht werden, die eine Kontrolle der verbrauchten Wärmemengen im Verhältnis zu den aufgewendeten Kosten zuläßt. Als Grundlage für eine wärmewirtschaftliche Betriebsbilanz dient bekanntlich der Vergleich zwischen der Menge der erzeugten und der verbrauchten Wärmeeinheiten. Außer Temperatur- und Druckmessungen ist daher auch die zahlenmäßige Ermittlung der Dampfmengen unbedingt notwendig.

Unter diesen Gesichtspunkten wird der Betriebsingenieur, dem die Leitung der Kraftanlage eines Textilwerks anvertraut ist, für das Kesselhaus jede Einrichtung begrüßen, die es ermöglicht, die erzeugte Dampfmenge in einfacher Weise zu messen. Diesen Erfolg versprechen der Siemens-Kesselspeise-Scheibenwassermesser (vgl. Siemens-Zeitschrift Sept. 1925, Seite 380) und die Siemens-Dampfuhr (Bild 1). Jedes Kesselhaus verfügt allgemein über eine Reihe von Einzelkesseln. Für die Überwachung der Kesselanlagen genügt daher eine summarische Messung der Gesamtdampf- oder Wassermengen nicht, sondern jeder Einzelkessel verlangt auch eine Einzelkontrollmessung; nur dann wird der höchste Wirkungsgrad jedes Kessels erreicht werden. Die Speisewassermessung mittels des Scheibenwassermessers liefert bei gleichzeitiger Messung der verbrauchten Brennstoffmenge die Verdampfungsziffer, d. h. das Verhältnis der gespeisten Wassermenge zur verbrauchten Brennstoffmenge. Beide Messungen ermöglichen es daher, die Wirtschaftlichkeit der Kesselanlage nachträglich zu berechnen. Eine unmittelbare Überwachung des Dampfkessels erfolgt jedoch durch die Siemens-Dampfuhr, die auf dem Prinzip der Druckdifferenzmessung beruht; sie besteht aus dem Venturirohr, der Meßdüse oder dem Meßflansch, deren Größen sich

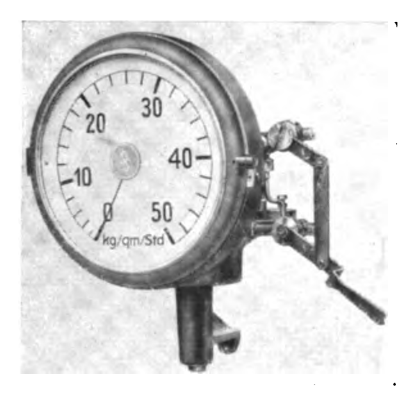


Bild 1. Siemens-Dampfuhr.

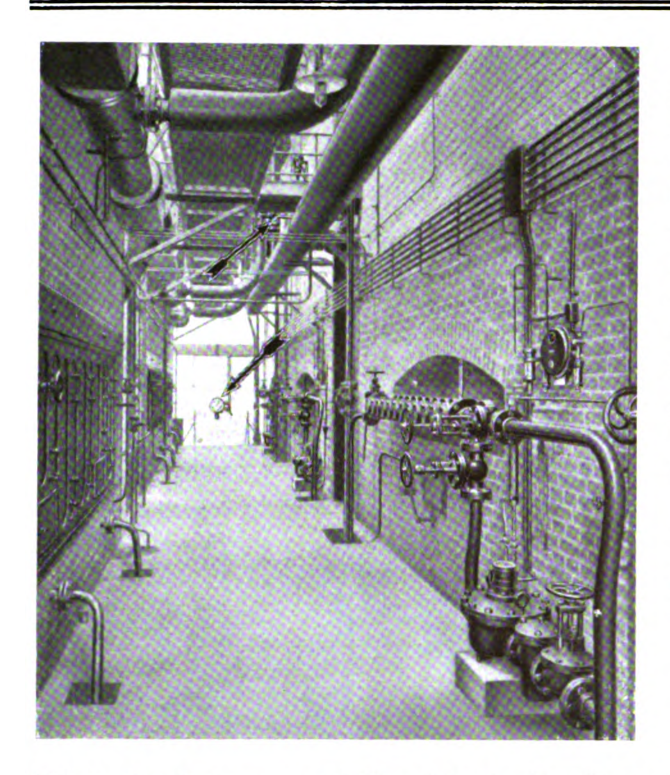


Bild 2. Scheibenmesser und Dampfuhr im Kesselhaus einer Wollgarnspinnerei.

nach dem Durchmesser der Einbauleitung richtet, und dem mechanischen Anzeigeapparat (Bild 1). Hier wurde eine Meßvorrichtung geschaffen, die, in der Nähe des Heizerstandes angebracht, es ermöglicht, in jedem Augenblick die Kesselleistung zu kontrollieren (Bild 2). Der Heizer erhält durch die sofort ablesbare Anzeige der Dampfmenge auf der Dampfuhr ein weiteres Hilfsmittel für die sachgemäße Bedienung des Kessels und die Rostbeschikkung. Der Dampfmesser ist daher ein wichtiges Kontrollinstrument, das die Verdampfung des Kessels, d. h. die Dampfleistung je m² Heizfläche, in jedem Augenblick erkennen läßt, während der Scheibenmesser in erster Linie einen Anhaltspunkt dafür gibt, ob der Kessel immer so bedient wurde, daß er im Vergleich zum Brennstoffverbrauch wirtschaftlich arbeitete. Das betriebstechnisch anzustrebende Ziel ist erst dann erreicht, wenn beide Apparate einen entsprechend der verbrauchten Brennstoffart hohen Wert anzeigen. Erst dann ist Gewißheit vorhanden, daß sowohl der Heizer als auch der Kessel ihre Aufgabe erfüllt haben. Dieser Zusammenhang zwischen beiden Messungen zeigt deutlich die Notwendigkeit, beide Apparate anzubringen. Eine nähere Beschreibung der Apparate muß hier aus Raummangel unterbleiben; Einzelheiten hat bereits Heft 1 der Siemens-Zeitschrift (5. Jahrgang) gebracht.

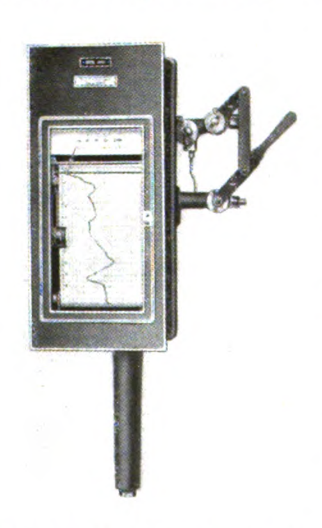


Bild 3. Mechanischer Registrier-Apparat.

Eine zweite Kontrollmessung ist in der von den einzelnen Kesseln zur Maschine führenden Sammelleitung vorzunehmen, und zwar um den Dampfverbrauch der Maschine zu überwachen. Die Messung geschieht durch einen registrierenden (Bild 3) oder selbsttätig elektrisch summierenden Venturi-Dampfmesser (vgl. Siemens-Zeitschrift September 1925, S. 383). Nach unseren praktischen Erfahrungen ist es empfehlenswert, für diese zweite Dampfmessung zum Erzeugen des notwendigen Druckunterschiedes ein Venturirohr zu verwenden, da es unter Umständen unwirtschaftlich ist, außer dem Druckabfall, der bereits beim Messen der an die Sammelleitung gelieferten Dampfmengen eintritt, eine weitere größere Druckverminderung durch Einbau eines zweiten Meßflansches in die Zuführungsleitung zur Maschine zu dulden. Verwendet man ein Venturirohr an Stelle eines Meßflansches, so ist es im allgemeinen möglich, den Druckverlust auf die Hälfte herabzusetzen. Eine überschlägige Nachrechnung des für die Maschine erforderlichen Druckgefälles wird den richtigen, der Eigenart jeder Anlage entsprechenden Weg zeigen. Ausführliche Einzelheiten über die besonderen Eigenschaften der drei für Dampfmessungen verwendbaren Einschnürungsorgane (Venturirohr, Düsenmeßflansch und Meßflansch) enthält die im Heft 3 der Siemens-Zeitschrift (5. Jahrgang) erschienene Abhandlung „Über das Wesen der Druckdifferenzmessung". Um sich die Mühe des Planimetrierens zu ersparen, zieht man zum Messen des gesamten Dampfverbrauches der Maschine oft die elektrische Summiereinrichtung dem registrierenden Dampfmesser vor. Sie besteht aus Geber und Zähler und läßt sich ohne weiteres an ein vorhandenes

Wechselstromnetz von 120 V und 50 Perioden anschließen. Aus der durch den Registrierapparat fortschreitend aufgezeichneten Verbrauchskurve sind jedoch die verschiedenartigen Belastungen der Kesselanlage durch die Maschine und die übrigen Dampfverbrauchsstellen während der Betriebszeit genau zu erkennen. Fehlerhafte Bedienung der Maschine oder der Kesselanlage oder unnötige Spitzenbelastungen, die besondere Beachtung für eine später vorzunehmende Betriebsänderung verdienen, kann man aus dem Dampfdiagramm feststellen und durch entsprechende Maßregeln läßt sich ihr schädlicher Einfluß von den Kesseln fernhalten. Die elektrische Summiereinrichtung, bei der man nur das Endergebnis nach Multiplikation des abgelesenen Wertes mit einer Konstanten erkennt, bietet diese Möglichkeit nicht; die Dampfmengen werden hier mechanisch summiert, und Betriebsfehler sind nicht ohne weiteres festzustellen. Um eine registrierende Messung vorzunehmen, kann man jedoch außer der selbsttätigen Summiereinrichtung einen elektrischen Registrierapparat an den gleichen Ferngeber anschließen.

Um den Wärmeverbrauch der übrigen Betriebsabteilungen zu überwachen, denen der Dampf entweder nach Arbeitsleistung in der Maschine oder auch als Frischdampf zugeführt wird, muß man je nach der Art der Kraftanlage die Mengenmeßgeräte verschieden anordnen. Bei Kondensationsbetrieb der Kraftmaschine, bei dem es lediglich möglich ist, die noch verfügbaren Wärmemengen in einer Warmwasserversorgung auszunutzen, gibt eine Messung der gelieferten Kondensatmengen genaue Aufklärung über die Wasser- und Wärmemengen, die zur weiteren Ausnutzung in den verschiedenen Fabrikationsbetrieben verfügbar sind. Für diesen Zweck eignet sich wieder der Scheiben- oder Venturi-Kondensatmesser. In einigen Verbraucherkreisen wird für diese Messung der Venturimesser bevorzugt, weil Dampfmengen, die unter Umständen im Kondensat enthalten sind, leicht Materialschaden im Inneren des Scheibenmessers verursachen können.

Bei Anzapf- oder Gegendruckbetrieb ist hinter der Dampfmaschine wiederum eine Dampfmessung erforderlich. Sie soll Aufschluß über die nach der Arbeitsleistung in der Maschine noch zur Verfügung stehende Wärmemenge geben, die zur weiteren Ausnutzung den übrigen Betriebsabteilungen zugeführt werden soll. Durch diese Messung wird bei nicht ausreichender Abdampfmenge auch die Menge des erforderlichen Zusatz-Frischdampfes festgestellt. In keinem Textilbetrieb wird die ideelle Forderung erfüllt sein, daß, nachdem die verlangte Maschinenleistung erzeugt ist, genau die dann noch verfügbare Wärmemenge in den übrigen Abteilungen verbraucht wird, oder daß die Abdampfmenge stets ausreicht, den Wärmebedarf der übrigen Abteilungen zu decken. In einigen Betriebsstunden wird die erforderliche Heizdampfmenge größer sein als die von der Maschine gelieferte Abdampfmenge, während zu anderen Zeiten das Gegenteil eintreten wird. Als Beispiel sei hier das Anheizen der Farbflotten erwähnt, das in den Morgenstunden immer zu einem überwiegenden Mehrverbrauch an Heizdampf führen wird. Durch eine Dampfspeicherung werden sich diese Schwankungen ausgleichen und die ungünstigen Spitzenbelastungen der Kessel vermeiden lassen. Das registrierende Dampfdiagramm gibt der Betriebsleitung ein Maß für die anzusammelnden Dampfmengen und läßt auch den genauen Zeitpunkt, zu dem eine Speicherung zu erfolgen hat, erkennen. Als Rechnungsunterlage für die Bemessung des Dampfspeichers wird daher das aufgenommene Dampfmengendiagramm gute Dienste leisten.

Wird bei großem Kraft- und geringem Heizdampfbedarf die erforderliche Maschinenleistung von einer Dieselmotorenzentrale geliefert, so bietet der Siemens-Ölmesser (Bild 4) die Möglichkeit einer genauen Betriebskontrolle. Diese Meßuhr ist eine Spezialausführung eines normalen Scheibenmessers; das durchfließende Ölvolumen wird durch ein im Messerkopf angebrachtes Springzählwerk fortlaufend mechanisch



Bild 4. Siemens-Ölmesser.

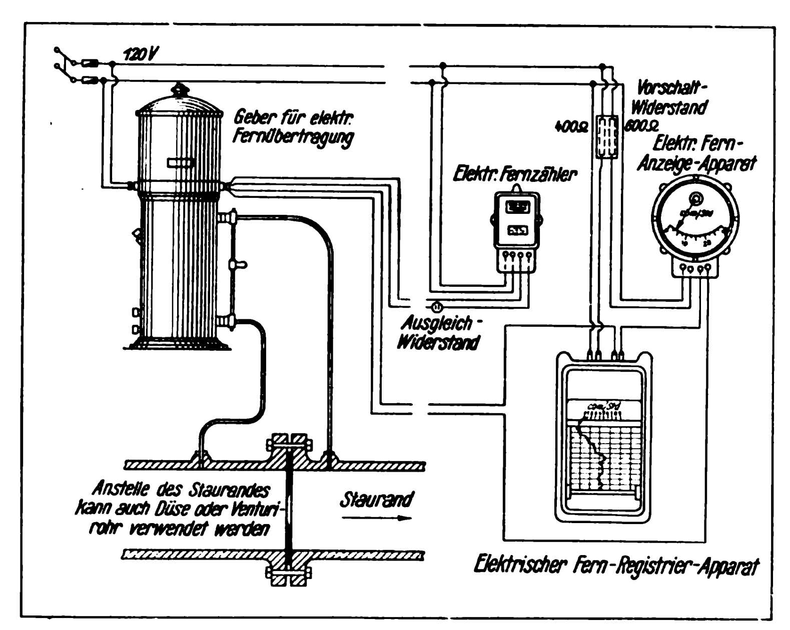


Bild 5. Elektrischer Ferngeber für niedrige Drücke, mit Zähler, Anzeige- und Registrier-Apparat.

summiert. Man kann daher den Brennstoffverbrauch in beliebigen Zeitabschnitten unmittelbar ablesen. Durch die beiden auf der 10- und 1 Liter-Skala sich bewegenden Zeiger, die durch eine mechanische Auslösung unabhängig vom Springzählerwerk nach erfolgter Messung in die Nullage zurückgebracht werden, können auch geringe Ölmengen genau gemessen werden. Falls bei gleichzeitigem Heizdampfbedarf besondere Niederdruckkessel aufgestellt werden, sind auch hier die bereits beschriebenen Dampfmeßapparaturen für Kessel anzubringen. In den meisten Fällen wird es zweckdienlich sein, die in den Verbrennungsgasen der Dieselmaschine enthaltenen Wärmemengen zum Vorwärmen des Kesselspeisewassers zu benutzen. Der Siemens-Gasmesser, bestehend aus Staurand und entsprechendem Anzeigegerät (Bild 5), ermöglicht es, die von der Maschine gelieferten Abgasmengen zu messen. An Hand der Messung kann man bei gleichzeitiger Feststellung der Temperatur rechnerisch überschlagen, ob eine weitere Ausnutzung der Abgase Vorteile bietet.

Sparsame Betriebswirtschaft macht es besonders bei dem weitverzweigten Rohrnetz einer Textilfirma erforderlich, auch den Kraft- und Stoffmengenverbrauch in den einzelnen Betriebsabteilungen zu überwachen, um auf Grund kritischer Messungen Mittel und Wege zur wirtschaftlichen Betriebsführung zu finden. In erster Linie ist in denjenigen Abteilungen, die als Hauptverbraucher anzusehen sind — z. B. in der Bleicherei und Färberei einer Tuchfabrik — eine Messung der zugeführten Dampfmengen notwendig. Das Bäuchen, dem die Baumwolle in der Bleicherei vor der eigentlichen Chlorbleiche sowohl als Gespinst wie als Gewebe oder Stückgut unterworfen wird, findet meist in Druckkesseln statt, und deren Dampfverbrauch sollte man wenigstens vorübergehend durch einfache Mengenmeßgeräte wie Meßflansch und Anzeigeapparat kontrollieren. In der Färberei müssen die zum Heizen der Farbflotten gebrauchten Wärme- oder Dampfmengen gemessen werden. Versuche, bei denen man Dampfmessungen ausführt, und Vergleiche der Güte des fertigen Erzeugnisses werden als Hilfsmittel dazu dienen, die vielumstrittene Frage der direkten oder indirekten Heizung der Farbflotten zu entscheiden. Ein Vergleich zwischen dem Dampfverbrauch, wobei die Kosten für die größeren Heizflächen bei indirekter Heizung zu berücksichtigen sind, wird zeigen, ob die indirekte Beheizung, bei der besonders eine Verwässerung der Farbflotte vermieden wird, auch wärmewirtschaftliche Vorteile bietet. Um das Wärmegefälle in der Kraftmaschine besser auszunutzen, ist man allgemein bestrebt, den Druck des Heizdampfes für die Farbflotten möglichst herabzusetzen. Dieses Ziel ist natürlich nur durch Vergrößern der Heizflächen zu erreichen, die einen Mehrverbrauch an Dampf herbeiführen. Die Dampfmessung wird man auch hier als Unterlage für die Errechnung des höchsten Wirtschaftlichkeitsgrades heranziehen müssen. Allgemein wird der Färbereiprozeß nur nach Zeit und zugesetzter Farbstoffmenge oder nach entnommenen Farbmustern geregelt; die Dampfmessung bietet unter Umständen ein weiteres Hilfsmittel, um die für die Tönung eines Gewebes erfahrungsgemäß erforderliche Dampfmenge zu ermitteln und damit die der Farbflotte zuzuführende Dampfmenge richtig zu bemessen.

Bei den vielen bis zur Fertigstellung des Stoffes erforderlichen Trocknungsprozessen werden

Dampfmengen verbraucht, die zu messen lohnend ist. Das kann entweder in der Zuführungsleitung oder auch bei entsprechend großen Trocknungsapparaten vor der Verbrauchsstelle geschehen. Hierdurch erhält man eine Kontrolle darüber, ob der gewährleistete Mindestdampfverbrauch dieser Apparate eingehalten wird, und kann einen etwaigen Mehrverbrauch baldmöglichst abstellen. Die praktisch verwendeten Trocknungsapparate sind nach zwei verschiedenen Hauptsystemen ausgeführt. Garne werden meist im vorgewärmten Luftstrom, dem das Trockengut im Gegenstrom entgegengebracht wird, getrocknet. Für dieses System werden also Dampfmengen zum Vorwärmen der Luft und Luftmengen zum Trocknen der Garne verwendet. Außer der Temperatur der abziehenden Luft sollte man wenigstens vorübergehend zur Kontrolle auch den Dampf- und Luftverbrauch messen. Die Luftmessung erfolgt wieder nach dem Druckdifferenzprinzip durch Venturirohr oder Stauscheibe mit besonders für Luftmessungen ausgeführtem Anzeigegerät. Zum Trocknen der fertig gefärbten Baumwollgewebe bedient man sich meist der Zylindertrockenmaschinen, bei denen das Trockengut durch unmittelbar mit Dampf geheizte Zylinderwalzen hindurchgeführt wird. Hier ist es also nur notwendig, den Dampfverbrauch der einzelnen Maschinen zu messen, der je nach der Größe der Maschine etwa 300 bis 500 kg/h beträgt. Zweckmäßigerweise überwacht man auch noch in der Appretur oder beim Dekatieren oder Dämpfen der Stoffe, falls größere Dampfmengen erforderlich sind, den Dampfverbrauch durch Messungen.

Da Textilfabriken auch Wasser in größerer Menge verbrauchen, ist auch der Einbau von Wassermessern wenigstens an den Hauptverbrauchsstellen erforderlich. Auf eine Messung wird man nur dann verzichten können, wenn die Fabrik so günstig liegt, daß natürliche, praktisch unbegrenzte Wassermengen zur Verfügung stehen. In Wollwäschereien ist der Bedarf an Wasser zur Befreiung der Rohwolle von Verunreinigungen bedeutend; auch zum Entschlichten der Webstoffe vor dem Färbereiprozeß sind große Frischwassermengen nötig. In der Färberei legt man außerdem besonderen Wert auf weiches und ölfreies Wasser, das erforderlichenfalls in vorgeschalteten Anlagen nach bekannten Verfahren für den eigentlichen Verwendungszweck vorbereitet werden muß. Der Betrieb solcher Anlagen verursacht besondere Unkosten; es liegt daher nahe, sie durch Messungen der verbrauchten Wassermengen zu überwachen, wobei gleichzeitig eine Kontrolle des Wirkungsgrades der Kläreinrichtungen möglich ist. Auf nähere Einzelheiten bezüglich des Wasserverbrauchs kann hier nicht eingegangen werden, erwähnt sei nur, daß man mit Hilfe der Siemens-Woltmann- (vergl. Siemens-Zeitschrift September 1925, Seite 384) und Flügelrad-Wassermesser (Bild 6) die Wassermenge mit größter Genauigkeit messen kann. Bei diesen Messern wird die Menge des Wassers aus seiner Geschwindigkeit ermittelt, die durch Bewegung von Flügelrädern auf ein mechanisches Zählerwerk übertragen wird. Die Messer werden für alle im praktischen Betriebe vorkommenden Wassermengen ausgeführt und lassen sich allen Betriebsverhältnissen anpassen.

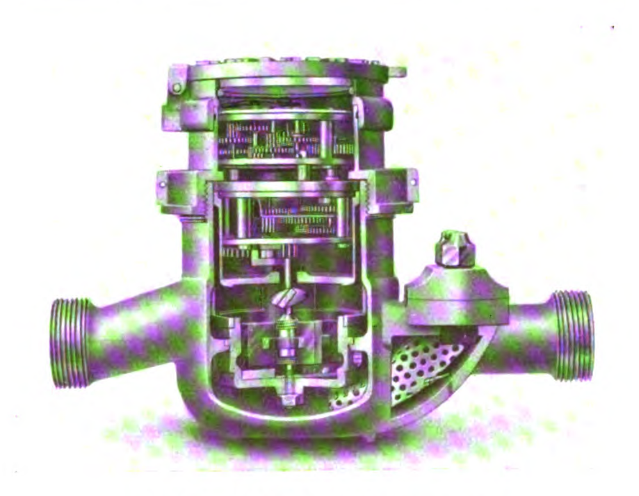


Bild 6. Flügelrad-Wassermesser.

In Webereien und Spinnereien muß, damit das Garn die notwendige Geschmeidigkeit behält, die Luft dauernd eine bestimmte Feuchtigkeit haben. Diese Forderung wird durch künstliches Befeuchten der Luft erfüllt. Die angewendeten Verfahren sind sehr mannigfaltig; z. B. bei Druckluft-Befeuchtungsanlagen ist eine genaue Regelung des Verhältnisses von Wassermenge zur Luftmenge erforderlich, wenn eine Übersättigung der Luft und das infolgedessen stattfindende Ausscheiden und Niederschlagen von Wassertropfen mit seinen unangenehmen

Folgeerscheinungen vermieden werden soll. Man kann Scheibenmesser, die besonders für kleine Leistungen geeignet sind, und den bereits genannten Luftmesser als Hilfsmittel für die erforderliche Mengenregelung verwenden.

In Färbereien ist für die Entnebelungsanlage, welche die vorhandenen Dampfschwaden in den Arbeitsräumen beseitigen soll, eine Ventilation der Räume durch warme Luft erforderlich, die infolge ihrer höheren Temperatur bekanntlich bedeutend mehr Feuchtigkeit aufzunehmen vermag. Vorgewärmt wird die Luft durch Berührung mit dampfgeheizten Flächen; die zugeführten Dampfmengen sollten gemessen werden.

Die zur Verfügung stehenden Mittel im Vergleich zur Größe einer Textilfabrik werden letzten Endes immer maßgebend dafür sein, ob auch für den eigentlichen Fabrikationsvorgang Mengenmeßgeräte in großer Zahl verwendet werden können. Grundsätzlich muß jedoch die Betriebsleitung die Möglichkeit haben, durch Meßgeräte, die in die Hauptzuführungsleitungen eingebaut sind, den Dampf-, Wasser- und Luftverbrauch der einzelnen Abteilungen jederzeit zu überwachen. Durch die elektrischen Siemens-Fernmeßapparate läßt sich diese Bedingung erfüllen, da man die Anzeigeapparate im Hauptbetriebsbüro in beliebiger Entfernung von der eigentlichen Meßstelle zentral anordnen kann. Hier ist dann eine genaue Überwachung des Gesamtmengenverbrauchs der einzelnen Abteilungen durchführbar, und die Meßergebnisse können als sichere Unterlagen zur Berechnung der Betriebsunkosten für die einzelnen Abteilungen benutzt werden. Außerdem sollte man namentlich bei dampfverbrauchenden Apparaten wegen der hohen Dampferzeugungskosten auf alle Fälle besonderen Wert auf vorübergehende Kontrollmessungen legen. Die Konstruktion der vorhandenen Dampfmessertypen und das der Messung zugrunde gelegte Druckdifferenzprinzip zieht der Benutzung eines Dampfmessers für mehrere Meßstellen gewisse Grenzen. Um die Verwendungsmöglichkeit eines einzelnen Apparates zu erweitern, liefert die Siemens & Halske A.-G. für derartige Kontrollmessungen eine besondere Meßeinrichtung, bestehend aus einem Anzeigeapparat und einer Reihe von Meßflanschen mit den für die Einbauleitungen vorgesehenen Durchmessern. Skala und Zifferblatt des betreffenden Anzeigeapparates werden für diesen Verwendungszweck etwas abweichend von der normalen Ausführung eingeteilt: nicht nach Leistungseinheiten, z. B. kg/h, sondern so, daß der Wurzelwert des erzeugten Druckunterschiedes unmittelbar angezeigt wird. Aus mitgelieferten Tafeln kann man bei vorausgegangener Druck- und Temperaturmessung die an der Meßstelle durchströmende Dampfmenge durch einfache Multiplikation eindeutig ermitteln. Der durch die Meßeinrichtung erreichte Vorteil wiegt die geringe Mühe dieser Rechnung auf, die der maschinentechnisch gebildete Betriebsleiter oder dessen Hilfspersonal ohne Schwierigkeit auszuführen vermag. Bild 7 stellt ein Dampfdiagramm dar, das mittels eines Registrierapparates und mehrerer Meßflanschen aufgenommen worden ist; die Messung wurde im praktischen Betrieb einer mittelgroßen Filztuchfabrik zu Kontrollzwecken vorgenommen. Bei größeren Veränderungen der zu messenden Dampfmenge, für die der normale Meßbereich nicht mehr ausreicht, können in den Meßflanschkörper auswechselbare Stauscheiben verschiedenen Durchmessers eingebaut werden, um alle vorkommenden Dampfmengen genau messen zu können. Voraussetzung für diese „Wandermessungen" ist jedoch, daß eine möglichst genaue Druck- und Temperaturmessung vorausgeht; verwendet man einen Dampfmesser normaler Ausführung, der für einen mittleren Druck und eine mittlere Temperatur berechnet ist, so wird sich eine solche meist erübrigen.

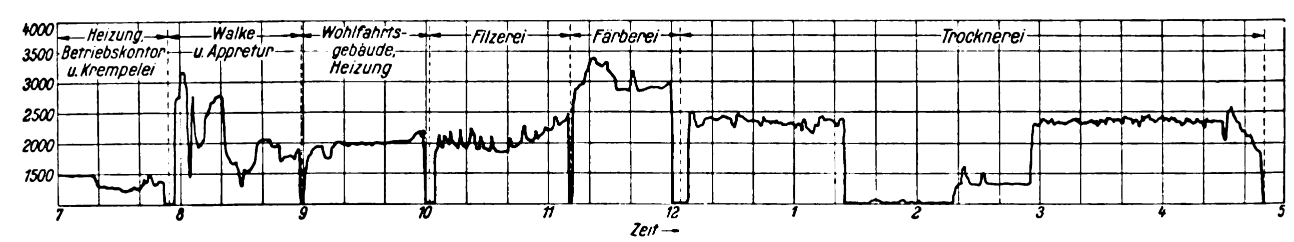


Bild 7. Diagramm des Dampfverbrauches in kg einer mittelgroßen Filztuchfabrik.

Die Mengenmeßgeräte zweckmäßig anzuordnen ist nicht nach einem Schema möglich, sondern erfordert ein praktisches Gefühl des Betriebsingenieurs; er allein kann vermöge einer genauen Kenntnis der Gesamtanlage unter fachgemäßer Anleitung der Lieferfirma darüber entscheiden, ob eine Mengenmeßeinrichtung notwendig und wie sie zweckentsprechend anzuordnen ist.

Wie die vorstehenden Zeilen bewiesen haben, bietet jede Mengenmessung besonders für wärmetechnisch noch nicht günstig arbeitende Textilbetriebe neben der Druck- und Temperaturmessung folgende Vorteile:

1. Durch Überwachung des Betriebes wird eine wirtschaftliche Verwendung von Kraft und Wärme gewährleistet.
2. Die Betriebsleitung erhält wichtige Unterlagen für entscheidende Umänderungen der Kraftanlage und der Wärmeverteilung.
3. Es ist die Möglichkeit vorhanden, die technischen Prozesse durch entsprechende Mengenzuführung nicht nur gefühlsmäßig, sondern auch meßtechnisch zu überwachen.

Diese für die zweckmäßige Überwachung der Gesamtanlage nicht zu unterschätzenden Vorteile rechtfertigen die einmaligen Anschaffungkosten der Meßapparate, die sich durch die dauernd erzielten Ersparnisse reichlich bezahlt machen. Ein Betriebsingenieur der Textilindustrie, der seinen Betrieb auch in bezug auf sparsame Wärmewirtschaft vollkommen beherrschen will, wird daher auf eine Verwendung von Dampf- und Wassermessern nicht verzichten können.

Elektrokarren in der Textilindustrie

Von Oberingenieur Werner, Charlottenburger Werk.

In der Nachkriegszeit, als sich der Wettbewerb in Handel und Industrie immer mehr verschärfte, begann man in dem allgemeinen Bestreben nach Einführung der wissenschaftlichen Betriebsführung auch der Frage der Wirtschaftlichkeit des Transportwesens erhöhte Aufmerksamkeit zuzuwenden. Wie die einzelnen Arbeitsvorgänge an der Werkzeugmaschine nahm man nun auch die Einzelheiten des Transportwesens unter die Lupe. Man erkannte, daß es sich in hohem Maße lohnen würde, den langwierigen, umständlichen und teuren Handtransport durch Anwendung eines geeigneten Hilfsmittels zu ersetzen. Man fand dieses im Elektrokarren, der von nun an berufen war, die bisherige Beförderungsart von Hand oder durch tierische Kräfte bei kurzen Entfernungen zu übernehmen. Auf mittlere und weite Entfernungen ist diese Aufgabe dem Verbrennungsmotor verblieben, sofern es sich nicht um Massengüter handelt, deren Transport mit der Eisenbahn geschieht.

Der Elektrokarren ist somit ein wichtiges Glied des Wirtschaftslebens geworden, wenn auch seiner Einführung hier und da aus Anhänglichkeit am Althergebrachten oder aus Unkenntnis noch Hindernisse bereitet werden. Auch der augenblicklichen Geldknappheit ist es zuzuschreiben, daß die Elektrokarren bisher nicht in viel größerem Maßstabe eingeführt wurden, obwohl ihre Wirtschaftlichkeit und kurzfristige Amortisation gewährleistet ist. (Vgl. Heft 10 der Siemens-Zeitschrift 1925, Seite 439, über Neuerungen im Förderwesen des Nürnberger Werks der SSW.)

Die Elektro-Lastfahrzeuge sind kleine, von Akkumulatoren betriebene Fahrzeuge von großer Tragkraft bis zu 30 Zentnern. Mit Rücksicht auf den Verwendungsbereich für kleine Entfernungen ist die Geschwindigkeit auf höchstens 15 km/h festgesetzt. Größere Geschwindigkeiten sind nicht zu empfehlen, weil hierbei der Karren wegen der meist recht engen Platzverhältnisse leicht Beschädigungen ausgesetzt ist.

Behend und geräuschlos nehmen die Elektrokarren ihren Weg durch die engsten Gänge der Fabriken und Höfe, durch die Straßen der Großstadt. In der Textilindustrie wird verlangt, daß sperrige Güter von verhältnismäßig geringem Gewicht, wie Baumwollballen und Spulenkörbe, befördert werden sollen. Hierzu ist der kleine Elektrokarren P 752 der SSW für 750 kg Tragkraft besonders geeignet (Bild 1 bis 3). Die äußeren Abmessungen sind durch die Abklappbarkeit der Trittbretter und Hüftstützen sowie des Lenkhebels und, falls erforderlich, auch des kürzeren Schalthebels so weit eingeschränkt, daß der Karren auch in verhältnismäßig kleinen Fahrstühlen Platz finden kann. Hierdurch ist man imstande, auch in mehr-

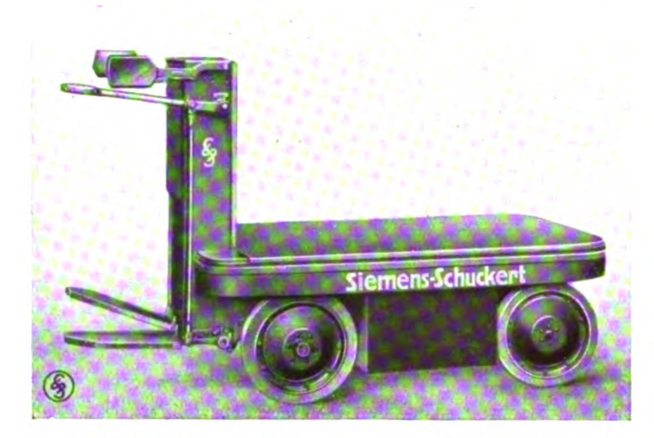


Bild 1. Seitenansicht des Elektrokarrens P 752.

stöckigen Fabrikgebäuden Transporte mit dem Elektrokarren zwischen den verschiedenen Stockwerken ohne jede Umladung der Ware vorzunehmen. Das Eigengewicht des Karrens ist bei Wahrung bester Ausführung möglichst niedrig gehalten (etwa 630 kg), so daß in Fahrstühlen von etwa 1000 kg Tragkraft noch Nutzlasten befördert werden können, die in Textilbetrieben vollkommen genügen. Die Bilder 4 und 5 zeigen einen Ballentransport vor dem Fahrstuhl bzw. im Lagerraum einer Textilfabrik.

Der Karren bietet die weitere Annehmlichkeit, daß er infolge seiner geringen Abmessungen und seiner Wendigkeit in der Lage ist, zwischen den langen Reihen engstehender Webstühle und Spinnmaschinen hindurchzufahren, um z. B. Wollkörbe an die Verwendungsstellen zu bringen. Auf diese Weise ist es möglich, den Transport von Rohstoffen oder von Halb- oder Fertigerzeugnissen zwischen dem Vorratsraum, den Spinnmaschinen, Webstühlen, Reinigungsmaschinen, der Veredelung, dem Fertiglager usw. auf einfachste Weise vorzunehmen, einerlei, ob sich Abfahrstelle und Ziel im gleichen oder in verschiedenen Stockwerken befinden. Welche Summe an Zeit und Arbeit, an Löhnen und sonstigen Betriebskosten, sowie an Platz und auch an Ärger erspart wird, kann derjenige am besten ermessen, der sich die Annehmlichkeiten eines solchen Fahrzeuges zunutze macht. Nicht nur werden die Kosten auf einen Bruchteil der früheren herabgesetzt, sondern auch der Verkehr geht viel reibungsloser und schneller vonstatten, schon deshalb, weil der Elektrokarren unabhängig von Gleisen, Weichen und Drehscheiben ist. Außerdem ist er unempfindlich gegen Kälte bis − 20° C und nicht feuergefährlich und kann deshalb an Orten untergestellt werden, die für Benzinkraftwagen nicht in Frage kommen. Die Elektro-Lastfahrzeuge bieten außerdem den Vorteil, daß der Fahrer beim Verkehr auf öffentlichen Straßen keinen Führerschein benötigt, sofern die Steuerleistung der Antriebsmotoren nicht mehr als 1 Steuer-PS beträgt.

Bild 2. Führerstand des Elektrokarrens P 752 mit geöffnetem Schaltschrank.

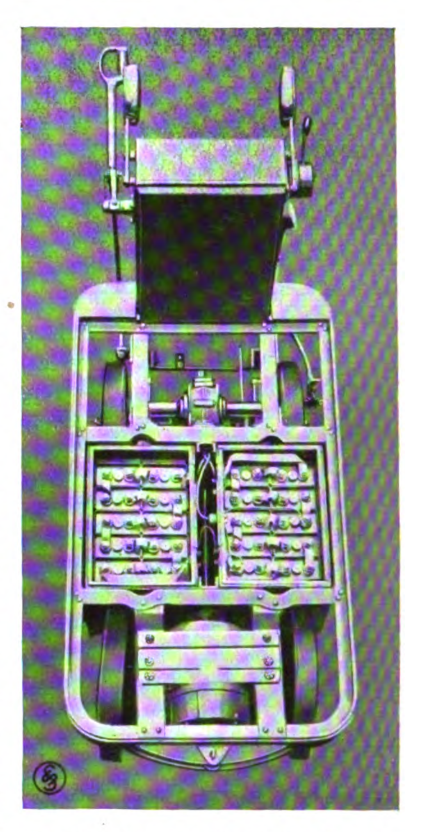


Bild 3. Ansicht des Elektrokarrens P 752 von oben bei abgenommener Plattform. In der Mitte Akkumulatorenbatterie, unten Antriebsmotor.

Im Gegensatz zu sonstigen Ausführungen wird beim kleinen Karren P 752 der SSW mit Zweiradlenkung eine Reihe von grundsätzlichen Fehlern vermieden. Die Lenkräder sind nicht in der Nähe des Führerstandes angeordnet, sondern an der gegenüberliegenden Seite. Bei dieser Anordnung wird der Fahrer nicht, wie es sonst der Fall ist, beim scharfen Einbiegen in eine Kurve durch die plötzliche Ablenkung aus seiner bisherigen Fahrtrichtung herausgerissen,

weil das andere Ende des Wagens ganz allmählich in die Kurve geht. Die Gefahr der Beschädigung des Fahrers und seines Fahrzeugs wird hierdurch vermieden. Außerdem ist die Antriebsachse nicht starr mit ihren Rädern verbunden. Bei starrer Antriebsachse ist das eine Rad unfehlbar zum Gleiten gezwungen und infolgedessen erhöhtem Gummiverschleiß unterworfen, wenn der Karren Kurven fährt. Außerdem erhöht sich der Kraftverbrauch. Diese Nachteile sind beim Karren P 752 vermieden worden. Neben dem bereits erwähnten Vorteil der ruhigen und zuverlässigen Fahrweise werden durch diese Anordnung noch die kleinsten Wendekreise erzielt und damit auch die Benutzung schmaler Fahrbahnen ermöglicht. Die Antriebsachse, die in der Nähe des Führerstandes liegt, ist mit einem Ausgleichgetriebe (Differential) versehen. Der Motor für den Antrieb ist vor der Lenkachse am Fahrgestell befestigt, der Antrieb selbst erfolgt über eine Gelenkwelle nach der Differentialachse. Hierdurch wird noch der weitere, sehr ins Gewicht fallende Vorteil erzielt, daß die Triebachse vom Gewicht des Motors befreit wird, ein Gesichtspunkt, der im Automobilbau stets Beachtung findet und darauf ausgeht, die ungefederten Massen am Wagen so gering wie irgend möglich zu machen. Ferner hat die Lenkachse auch im unbeladenen Zustande eine genügende Belastung, um die Fahrtrichtung des Karrens von der Stellung der Lenkräder allein abhängig zu machen. Ist nämlich die Belastung der Lenkachse zu gering, so kann es vorkommen, daß die Lenkräder rutschen und die Fahrtrichtung zum Teil von den Triebrädern bestimmt wird, welche die Richtung geradeaus beibehalten wollen.

Der Elektrokarren P 752 für 750 kg Tragkraft besteht ähnlich wie der Karren L 1500 für 1500 kg Tragkraft aus einem Tragrahmen aus Spezialprofil, der die Plattform von 900 mm Breite und 1485 mm Länge umschließt. An der einen Seite dieses Rahmens ist ein Kupplungsstück fest angebracht, das die Verwendung von Anhängewagen gestattet. Am anderen Ende der Plattform ist der Führerstand mit eingebautem Schaltschrank angeordnet. In letzterem befinden sich sämtliche Teile des Schaltmechanismus, wie Schaltwalze, Sicherung, Widerstand und Ladesteckdose. Die gesamte Baulänge kann durch die bereits erwähnte Abklappbarkeit der hervorstehenden Teile des

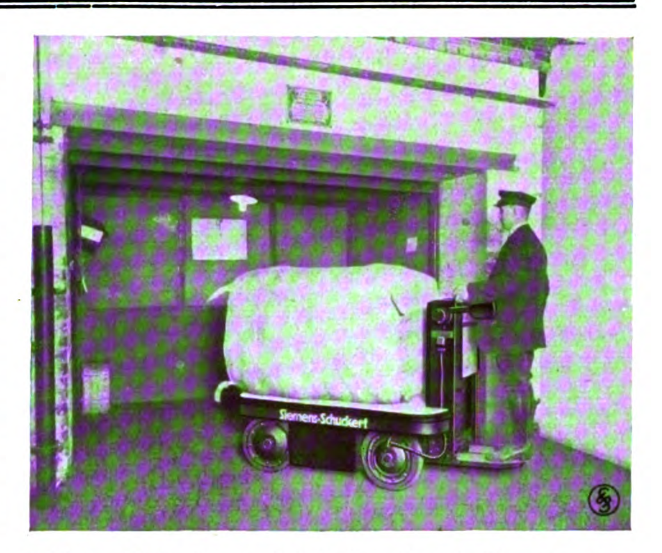


Bild 4. Elektrokarren P 752 bei der Einfahrt in einen Aufzug.

Führerstandes von 2160 mm auf 1760 mm verkürzt werden.

Der Karren wird durch einen Gleichstrom-Hauptstrommotor in geschlossener Ausführung von 1,4 kW angetrieben, der unter Zwischenschaltung einer Kardanwelle auf das oben erwähnte Differentialgetriebe arbeitet. Das Differentialgetriebe sitzt auf einer besonderen Vorgelegewelle, um die Triebachse möglichst stabil aus einer durchgehenden Welle anfertigen zu können, die den rauhen Anforderungen des Betriebes auf jeden Fall gewachsen ist. Auch andere Vorteile, wie rationelle Ausführung,



Bild 5. Elektrokarren P 752 in einem Lagerraum.

leichte Zugänglichkeit und Auswechselbarkeit, sowie die Möglichkeit, den Fahrmotor zum Antrieb von Aufbauten, wie Hubplattformen

und Kippern, zu benutzen, ergeben sich aus dieser Anordnung.

Die Lauf- und Triebräder wurden von dem Standpunkt aus durchgebildet, daß sie so leicht wie möglich zu gestalten sind und ein leichtes Auswechseln der Bereifung zulassen müssen. Die bisher üblichen Reifen, aus einer Stahlbandage mit aufvulkanisiertem Gummi bestehend, setzen voraus, daß die Radkörper außerordentlich stabil gebaut sind, um dem hohen Druck Widerstand zu leisten, der beim hydraulischen Aufpressen der Stahlbandagen entsteht. Die von den SSW gewählte Ausführung besteht aus einem Blechkörper mit einseitiger Felge, der an der Radnabe befestigt ist. Der Gummireifen wird von einer anschraubbaren Gegenfelge gehalten. Um einen sicheren Sitz des Gummireifens zu erzielen, sind die Felgen konisch gehalten und etwas größer im Durchmesser und kleiner in der Breite als der Durchmesser und die Breite der Reifen. Dadurch wird außer der Innenpressung auch noch eine starke Seitenpressung erzielt. Außerdem sind Vorkehrungen getroffen, die das Wandern der Reifen am Umfange der Felge verhindern. Die Lenkachse ist so ausgebildet, daß die Mittellinie der vertikalen Schwenkzapfen in die Mitte der Bereifung fällt. Dadurch wird der Hebelarm für die auf die Lenkräder wirkenden Fahrstöße auf Null gebracht, so daß sie sich nicht auf das Lenkgestänge übertragen können. Um jede Unsicherheit in der Lenkung zu vermeiden, wurde von der meist üblichen Trapezlenkung abgesehen und eine Anordnung gewählt, die auch bei großem Einschlagwinkel der Räder möglichst günstige Hebelarme für den angreifenden Lenkhebel in jeder Radstellung ermöglicht.

Außer einer reichlich bemessenen Getriebebremse wurde eine zweite Bremse für die Verwendung des Karrens auf der Straße vorgesehen, die in einfachster Weise auf die Innenfelge der Triebräder wirkt und vom Führerstand aus bedient wird. Diese Bremse ist eine aktive Bremse, d. h. die Bremswirkung tritt beim Bewegen eines besonderen Bremshebels ein. Im Gegensatz hierzu ist die Getriebebremse eine Lüftungsbremse, deren Wirkung beim Betätigen des Fußtritts aufgehoben wird.

Die Akkumulatorenbatterie ist in zwei Hälften zu je 10 Zellen in Trögen untergebracht, die unter der Plattform zwischen der Lenk- und der Antriebsachse sitzen. Der Bodenabstand der Batteriekästen beträgt 130 mm und wird von keinem anderen Konstruktionsteil unterschritten. Es kommen hauptsächlich in Betracht: Gitterplattenbatterien von 132 und 160 Ah Kapazität bei fünfstündiger Entladung.

Der Karren P 752 ist hauptsächlich als Innenfahrzeug gedacht, wofür in der Regel gute Fahrwege zur Verfügung stehen. Bei ausnahmsweise schlechten holprigen Verkehrswegen kann auch eine Großoberflächenbatterie, die gegen Erschütterungen unempfindlicher ist, Verwendung finden.

Nach den vorstehenden Ausführungen ist der Elektrokarren P 752 besonders berufen, in Textilbetrieben in Dienst zu treten, wo auf kleinste Bauart und geringes Gewicht Wert gelegt wird, zumal auch der Etagentransport mit Elektrokarren vorgenommen werden kann.

KLEINE MITTEILUNGEN

Einige bemerkenswerte Aufträge.

Um zu zeigen, welchen Wert die Industrie darauf legt, durch elektrische Einzelantriebe, besonders durch Verwendung von Sonderantrieben, die den Arbeitsbedingungen der einzelnen Arbeitsmaschinen genau angepaßt sind und — damit im Zusammenhange stehend — durch rationelle Kraftwirtschaft die Rentabilität ihrer Anlagen zu verbessern, seien hierunter einige bemerkenswerte Aufträge angeführt:

Ringspinnmaschinenantriebe durch Drehstrom-Kollektormotoren.

Die Spinnerei Bamshoeve, Enschede in Holland, die vor dem Kriege etwa 50 Kollektormotoren und ebensoviele Kurzschlußmotoren zum Antrieb von Ringspinnmaschinen und nach dem Kriege weitere Kollektormotoren bei den SSW bestellte, hat sich in letzter Zeit dazu entschlossen, sämtliche Kurzschlußmotoren durch Kollektormotoren zu ersetzen, obwohl die Motoren noch in gutem Zustande sind, und zwar hauptsächlich aus dem Grunde, um die Produktion weitestgehend zu steigern. In dieser Anlage laufen dann in nächster Zeit über 200 Kollektormotoren. Der Entschluß, vom Kurzschlußmotor auf den besonders für Ringspinnmaschinenantriebe ausgebildeten Kollektormotor mit selbsttätigem Spinnregler überzugehen, wurde auf Grund eingehender Versuche des Kunden gefaßt, bei denen sich für die letztere Ausführung (ohne Berücksichtigung der Zeit für das Abziehen und Aufstecken) eine Mehrproduktion von etwa 14% ergab.

Auch von anderer Seite erhielten die SSW namhafte Aufträge auf Drehstrom-Kollektormotoren; erwähnt seien hier unter anderem die Actienspinnerei Chemnitz mit 37 Motoren, die Firma van Heek, Enschede (Holland) mit 39 Motoren, die Stoomspinnerij Nijverdal, Almelo (Holland) mit 57 Motoren, schließlich die Firma H. ten Kate, Almelo (Holland) mit 58 Motoren.

Kunstseide-Spinnzentrifugen.

Die betrieblichen Vorteile, die sich bei Antrieben von Kunstseide-Spinnzentrifugen durch die SSW-Sonderausführung gegenüber mechanischen Ausführungen ergeben, können am besten daraus ersehen werden, daß in neuerer Zeit von verschiedenen Seiten viele tausend Spinnzentrifugen bestellt wurden. Die stetig steigende Nachfrage nach diesen Zentrifugen läßt erkennen, daß die Kunstseideindustrie zu der Überzeugung gekommen ist, durch Verwendung der SSW-Spinnzentrifugen Vorteile erzielen zu können, die sich mit anderen Systemen nicht erreichen lassen. Auch das übrige, von den SSW und S. & H. für die vollständige elektrische Einrichtung von Kunstseidefabriken besonders durchgebildete Material erfreut sich einer dauernd zunehmenden Beliebtheit.

Fünfleiter-Anlagen.

Die durch leichte und weitgehende Regelbarkeit gekennzeichneten Vorteile des Gleichstrom-Fünfleiter-Systems finden durch zahlreiche Bestellungen ihren äußeren Ausdruck. So bestellte z. B. die Firma Christian Dierig G. m. b. H., Oberlangenbielau i. Schl., Antriebe für 10 Zeugdruckmaschinen. Von der Firma Gesellschaft für Druckerei und Färberei, München-Gladbach, erhielten die SSW Auftrag zur Lieferung von Antrieben für 15 Zeugdruckmaschinen und 33 andere Maschinen. Die Firma Moritz Ribbert A.G., Hohenlimburg, bestellte Antriebe für 28 Zeugdruckmaschinen, 9 Kalander, ferner 102 weitere Maschinen verschiedener Art. Ferner soll noch die Württembergische Kattunmanufaktur in Heidenheim a. d. Brenz erwähnt werden, deren Auftrag auf Lieferung von Antrieben für verschiedene Zeugdruckmaschinen und 90 weitere Maschinen lautete. Auch das Ausland machte sich die Vorteile dieses von den SSW besonders gepflegten Systems zunutze. So bestellte die Firma Manifatture Cotoniere Meridionali, Neapel, Antriebe für 10 Zeugdruckmaschinen und für 25 Maschinen anderer Art. Die hier erwähnten Aufträge geben nur einen kleinen Ausschnitt aus den bereits getätigten Bestellungen bzw. ausgeführten Anlagen.

Webstuhleinzelantriebe in Seidenwebereien.

Die besonderen Vorteile des Webstuhleinzelantriebes haben ihm auch in Seidenwebereien weitestgehende Verbreitung gesichert. Bestellungen, wie z. B. die folgenden: 460 Antriebe für Stünzi Söhne A. G., Horgen (Schweiz), 1056 Antriebe für die Vereinigte Seidenwebereien A. G., Crefeld, beweisen mehr als alles andere, welche Rentabilitätssteigerung Webereien dieser Art durch den SSW-Webstuhl-Sonderantrieb erreichen können.

Ruths-Speicher.

Die in der Entlastung der Kesselanlage von stoßweiser Belastung ihren Ausdruck findenden betrieblichen Vorteile des Ruths-Speichers haben auch in der Textilindustrie immer mehr Beachtung gefunden. Für Textilbetriebe wurden bisher 8 Ruths-Speicher mit einer Speicherfähigkeit von 25 900 kg Dampf geliefert bzw. bestellt, darunter für folgende deutsche Firmen:

1. Tuchfabrik Delius, Aachen.
2. Bleiche Polsnitz der Schlesischen Leinenindustrie A.G. vorm. Kramsta, Freiburg i. Schl.
3. Gebr. Aschaffenburg, Tuchfabrik, München-Gladbach.
4. Färberei Forst A.-G., vorm. Scherzer & Hönig, Forst N.-L.

EINGESANDTE BÜCHER

(Ausführliche Besprechung einzelner Bücher vorbehalten.)

Siemens-Handbücher. Herausgegeben von der Siemens & Halske A.-G. und den Siemens-Schuckertwerken, G. m. b. H. V. Band: Das Kraftwerk Fortuna II. Monographie eines Dampfkraftwerkes in systematischer Darstellung. Von Albert Schreiber, Direktor des Rheinischen Elektricitätswerkes im Braunkohlenrevier A.-G. Köln. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig, 1925. 175 Seiten, 141 Abbildungen im Text und auf 7 Tafeln. Preis geb. M 6,50.

Der Verfasser gibt eine Beschreibung des Kraftwerkes II in einer Form, die etwa zwischen einer Monographie und einem Lehrbuche die Mitte hält. Das Buch ist daher nicht nur für den Techniker bestimmt, es wird vielmehr auch dem Studierenden Anregungen geben und den gebildeten Nichtfachmann in das Verständnis der elektrischen Zentralwirtschaft einführen.

Englisch-Deutsches und Deutsch-Englisches Wörterbuch der elektrischen Nachrichtentechnik. Von O. Sattelberg, im Telegraphentechnischen Reichsamt Berlin. I. Teil: Englisch-Deutsch. Verlag Julius Springer, Berlin 1925. 292 Seiten. Preis geb. M. 9,–.

Die englischen Ausdrücke sind so gut wie ausschließlich englisch-amerikanischen Fachschriften entnommen worden. Übersetzungen aus der deutschen in die englische Sprache kommen nur in ganz vereinzelten Fällen vor. Zur Zusammenstellung des Stoffes wurden den verschiedensten Arbeitsgebieten entnommene Bücher, Broschüren, Zeitschriften und Patentschriften englischen und amerikanischen Ursprungs von insgesamt gegen 9000 Druckseiten durchgearbeitet. In ausgedehntem Maße dienten deutsche Fachschriften zum Vergleich.

Der Schriftverkehr im Telegraphenbaudienst. Eine Mustersammlung. Von Carl Westphal. Zweite verbesserte Auflage. Verlag Franz Westphal, Leipzig, 1925. 79 Seiten, Preis geh. M 2,–.

Aus dem Inhalt: Der Stil. Äußere Form der Schriftstücke. Abkürzungen. Fremdwörter, die man vermeiden muß. Beispiele aus dem Schriftverkehr. Abkürzungswesen.

Kurzschlußströme beim Betrieb von Großkraftwerken. Von Reinhold Rüdenberg, Professor Dr.-Ing. und Dr.-Ing. e. h., Chef-Elektriker der Siemens-Schuckertwerke, Privatdozent an der Technischen Hochschule zu Berlin. Verlag Julius Springer, Berlin, 1925. 76 Seiten, 60 Abbildungen. Preis geh. M 4,80.

Aus dem Inhalt: Dauerkurzschluß im Netz. Plötzlicher Kurzschluß des Generators. Wirkung der Kurzschlußströme im Netz. Abschalten der Kurzschlüsse.

„Hütte" des Ingenieurs Taschenbuch. Herausgegeben vom Akademischen Verein „Hütte". E. V. in Berlin. 25. neubearbeitete Auflage. I. Band. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin, 1925. 1080 Seiten, zahlreiche Abbildungen. Preis geb. in Leinen M 13,20 und in Leder M 15,90.

Taschenbuch der Elektrotechnik. Leichtfaßlich dargestellt für die gewerblichen Berufsstände von Baurat Ingenieur J. Feldmann. Anzengruberverlag, Leipzig und Wien, 1925. 91 Seiten.

Nachdenkliches und Heiteres aus den ersten Jahrzehnten der Elektrotechnik. Von Dr.-Ing. e. h. Heinrich Voigt. R. Voigtländers Verlag, Leipzig, 1925. 176 Seiten. Bildnisse. Preis kartoniert M 10,—.

Elektromaschinenbau. Berechnung elektrischer Maschinen in Theorie und Praxis. Von Dr.-Ing. P. B. Arthur Linker, Privatdozent für Theoretische Elektrotechnik und Elektromaschinenbau an der Technischen Hochschule Hannover. Verlag Julius Springer, Berlin 1925. 304 Seiten, 128 Abbildungen und 14 Anlagen. Preis geb. M. 24,—.

Der Kampf um den Nutzeffekt in der Technik. Von Dr. H. Schütze. Verlag Dieck & Co., Stuttgart, 1925. 95 Seiten, 72 Abb. Preis: geh. M 1,80.

Aus dem Inhalt: Der Mensch ohne Technik. Gestern. Wirtschaftlichkeit. Das Zeitalter der Elektrizität. 1 ‰ Nutzeffekt. Die Technik von morgen.

Reibung und Schmierung im Maschinenbau. Von Dr.-Ing. L. Gümbel, weil. o. Professor der Technischen Hochschule in Berlin. Aus dem Nachlaß bearbeitet von Dr. E. Everling, a. o. Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Verlag M. Krayn, Berlin, 1925. 240 Seiten. Preis: geh. M 12,—, geb. M 14,—.

Aus dem Inhalt: Begriff und Arten der Reibung. Unmittelbare Reibung fester Körper. Flüssigkeitsreibung. Die halbflüssige Reibung. Konstruktives und praktische Erfahrungen. Die Schmiermittel.

Die Separation von Feuerungsrückständen und ihre Wirtschaftlichkeit einschließlich der Brikettierung und Schlackensteinherstellung. Von Dipl.-Ing. W. Engel. Verlag Julius Springer, Berlin 1925. 135 Seiten. Preis: geh. M 8,10, geb. M 9,60.

Aus dem Inhalt: Die Verfahren zur Aufbereitung von Feuerungsrückständen. Die Ausgangs- und Endprodukte der Schlackenseparation und ihre Verwendung. Die Wirtschaftlichkeit einzelner Separationsanlagen und der Aufbereitung von Feuerungsrückständen allgemein.

Grundzüge der technischen Wirtschafts-, Verwaltungs- und Verkehrslehre. Von E. Mattern, Oberregierungs- und Baurat, Professor an der Technischen Hochschule Berlin. Verlag Julius Springer, Berlin, 1925. 350 Seiten. Preis: geh. M 18,—, geb. M. 19,50.

Aus dem Inhalt: Der Ingenieur in Staat, Verwaltung und Gesetzgebung. Die Finanzwirtschaft. Die wirtschaftlichen Unternehmungs- und Betriebsformen in der Gütererzeugung. Der Grunderwerb, Erwerb von Berechtigungen, Grundwert und Nutzung. Das Genehmigungswesen. Die Ertraglehre. Technische Wirtschaftslehre im engeren Sinne. Technische und wirtschaftliche Betriebslehre. Allgemeine Verkehrslehre. Gesetz und Recht.

Theorie des Wechselstromes in Einzeldarstellungen. Eine Einführung in die wissenschaftlichen Probleme der Starkstromtechnik, insbesondere zum Gebrauch an technischen Hochschulen. Von H. Loewe, Dipl.-Ing. Band I. Die Grundgesetze bei Wechselstrom, ihre graphische und rechnerische Behandlung. Verlag Hachmeister & Thal, Leipzig, 1925. 77 S., 42 Abb. Preis geh. M 2,80.

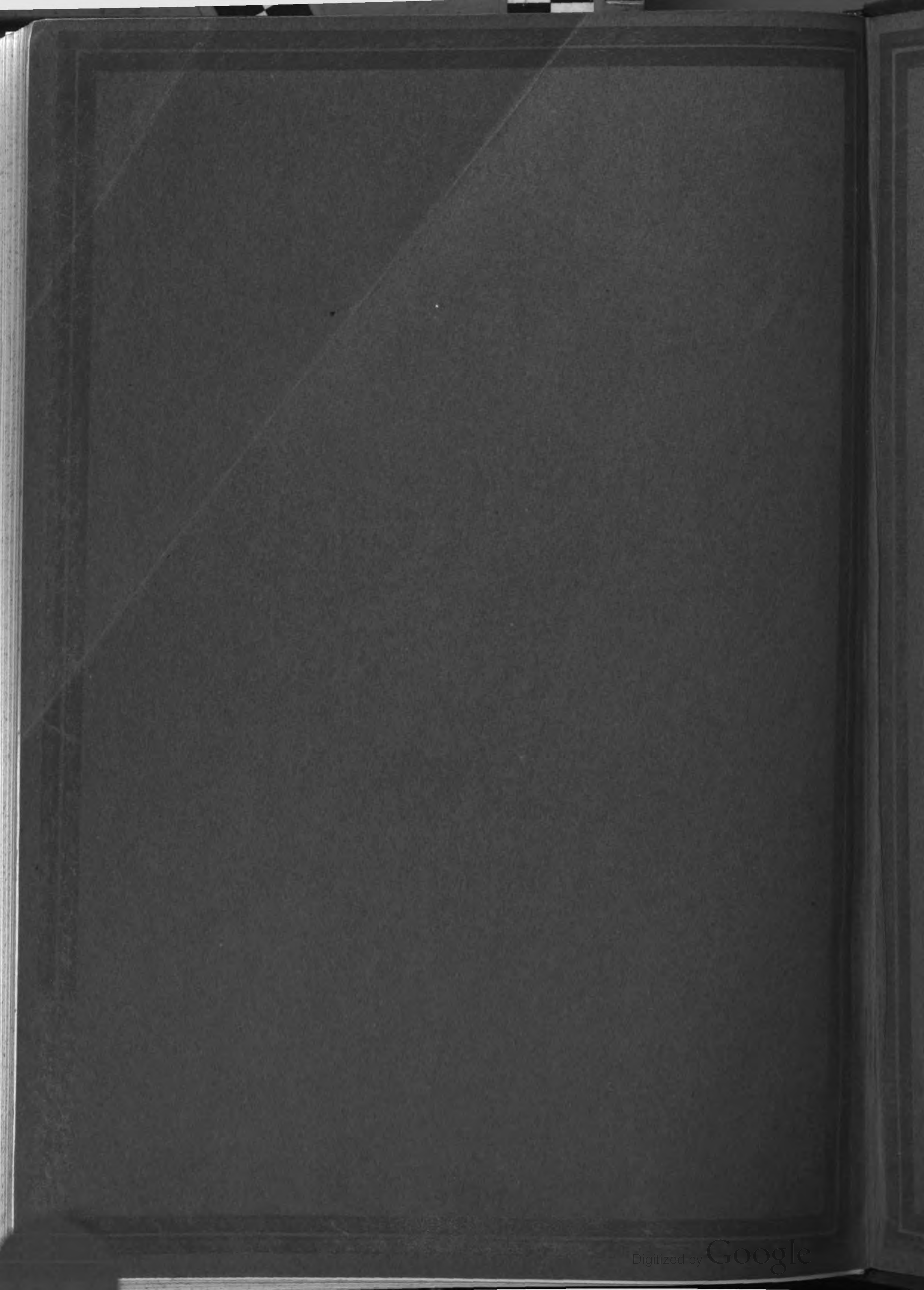
Berechnung der Gleich- und Wechselstromnetze. Von Karl Muttersbach, Dozent am Technikum Sternberg i. Meckl. Verlag R. Oldenbourg, München und Berlin, 1925. 118 Seiten, 88 Abbildungen. Preis geh. M 6,50.

Aus dem Inhalt: Die offenen Leitungen. — Die geschlossenen Leitungen. — Geschlossene Leitungen mit ein und mehreren Knotenpunkten. — Berechnung der Leitungsquerschnitte für Netze mit Knotenpunkten. — Die Speiseleitungen.

Metallographie. Ein ausführliches Lehr- und Handbuch der Konstitution und der physikalischen, chemischen und technischen Eigenschaften der Metalle und metallischen Legierungen. Von Dr. W. Guertler, a. o. Professor an der Technischen Hochschule zu Berlin. Zweiter Band: Die Eigenschaften der Metalle und ihrer Legierungen. Zweiter Teil: Physikalische Metallkunde. 6. Heft: Die elektrische und thermische Leitfähigkeit. Von Dr. A. Schulze, Privatdozent an der Technischen Hochschule zu Berlin. Dritte Lieferung. Verlag Gebrüder Borntraeger, Berlin, 1925. 940 Seiten, zahlreiche Abb. Preis geh. M 40,—.

Industrielle und gewerbliche Bauten (Speicher, Lagerhäuser und Fabriken). Von Heinrich Salzmann. III. Fabriken. Sammlung Göschen Nr. 513. Verlag Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig 1925. 136 Seiten, 158 Abb. Preis geb. M 1,25.

Verantwortlicher Schriftleiter: Dipl.-Ing. Fr. Heintzenberg, Charlottenburg. Verlag: Siemens-Schuckertwerke, Literarisches Bureau.
Gedruckt bei Ernst Siegfried Mittler und Sohn, Buchdruckerei G. m. b. H., Berlin SW 68, Kochstraße 68—71.




UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 08013 5356

